

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Programa de Pós-Graduação em Agronomia**  
**Área de concentração: Fruticultura de Clima Temperado**



**Tese**

**FENOLOGIA, XENIA E IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FRUTOS DE  
NOGUEIRA-PECÃ**

**Rudinei De Marco**

**Pelotas, 2020**

**RUDINEI DE MARCO**

**FENOLOGIA, XENIA E IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FRUTOS DE  
NOGUEIRA-PECÃ**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências (Área de concentração: Fruticultura de Clima Temperado).

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gilberto Herter

Coorientador: Dr. Carlos Roberto Martins

Pelotas, 2020

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas Catalogação  
na Publicação

M321f Marco, Rudinei De

Fenologia, xenia e irrigação na produção de frutos de  
nogueira-pecã / Rudinei De Marco ; Flávio Gilberto Herter,  
orientador ; Carlos Roberto Martins, coorientador. — Pelotas,  
2020.

89 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade  
Federal de Pelotas, 2020.

1. Pecan. 2. *Carya illinoensis*. 3. Autopolinização. 4.  
Polinização cruzada. 5. BBCH. I. Herter, Flávio Gilberto, orient. II.  
Martins, Carlos Roberto, coorient. III. Título.

CDD : 634.51

RUDINEI DE MARCO

FENOLOGIA, XENIA E IRRIGAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FRUTOS DE  
NOGUEIRA-PECÃ

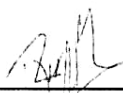
Tese aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Doutor em Ciências (Área de concentração: Fruticultura de Clima Temperado), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 29/05/2020

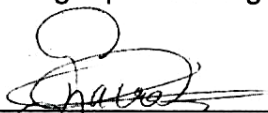
Banca examinadora



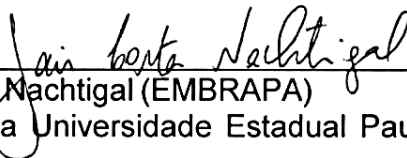
Professor Dr. Flavio Gilberto Herter (UFPel) (Orientador)  
Doutor em Ecofisiologia pela Université Blaise Pascal Clermont Ferran



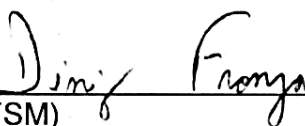
Pesquisador PhD Roberto José Zoppolo Goldschmidt (INIA – Las Brujas/UY)  
(Examinador)  
PhD em Manejo suelos y agroecología pela Michigan State University



Professor Dr. Gilmar Antônio Nava (UTFPR) (Examinador)  
Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul



Pesquisador Dr. Jair Costa Nachtigal (EMBRAPA) (Examinador)  
Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho



Professor Dr. Diniz Fronza (UFSC) (Examinador)  
Doutor em Irrigação e Drenagem pela Universidade de São Paulo

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela oportunidade da existência.

Aos meus pais Vercidino José De Marco e Elizabete Maria De Marco por todo o apoio, incentivo aos estudos e exemplo de vida.

Ao meu irmão Rudimar e cunhada Luciana, pelo apoio e incentivo.

À minha namorada Claudia, pelo carinho, companheirismo, apoio e compreensão nos momentos em que estive ocupado com a realização desta pesquisa.

Aos professores orientadores Flávio Gilberto Herter, Carlos Roberto Martins e Roberto José Zoppolo Goldschmidt, pela orientação, confiança, incentivo e apoio prestado no decorrer do Doutorado.

Aos professores do PPGA, pelos ensinamentos, orientação e amizade.

À Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado (PPGA), pela oportunidade de cursar o ensino público de qualidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa.

Ao Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - INIA Las Brujas (Uruguai), pela oportunidade de intercâmbio e realização de parte dos trabalhos dessa tese. Em especial a Roberto, Andrea, David, Julio, Irvin, Juan, Wilma, Mariana, Carlos, Andres.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Clima Temperado/Estação Experimental Cascata, pela disponibilidade de realização dos trabalhos de pesquisa.

À Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realização de parte dos trabalhos de pesquisa, em especial ao professor Diniz Fronza.

À Fazenda Mato Grande, ao Denilson Casarin e seu Alípio pela disponibilidade da área para estudos.

Aos amigos Maurício, Priscila, Rafaela, Cristiano, Davi, Guilherme e outros, pelo auxílio a realização dos trabalhos, pelas conversas, troca de ideias e aos momentos de descontração.

Enfim, a todos que de uma forma ou outra contribuíram para a realização e conclusão deste trabalho.

**MUITO OBRIGADO**

## RESUMO

DE MARCO, Rudinei. **Fenologia, xenia e irrigação na produção de frutos de nogueira-pecã**. 2020. 89f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Agronomia: Fruticultura de Clima Temperado. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.

Uma das espécies frutíferas que atualmente mais cresce em importância econômica no Brasil é a nogueira-pecã, principalmente pelo aumento do consumo do fruto e pela valorização de mercado. No entanto, com esse crescimento, vão surgindo muitos problemas, dúvidas e dificuldades de comunicação entre os envolvidos com a cultura, sendo necessário estudos que abordem e estabeleçam informações técnicas e padronizadas, de forma a melhorar o entendimento e o manejo da cultura através do acompanhamento fenológico, da polinização e da irrigação. Diante disso, o objetivo do estudo foi propor e acompanhar uma escala fenológica, avaliar a influência da polinização e da irrigação nas dimensões e rendimentos dos frutos de nogueira-pecã. Para atender os objetivos, o trabalho foi organizado em três capítulos. O primeiro trata-se de uma proposta e aplicação da escala fenológica BBCH ajustada para nogueira-pecã. No segundo capítulo avaliou-se o efeito do pólen de diferentes cultivares no rendimento e dimensões de frutos da 'Kiowa' e da 'Barton'. No terceiro capítulo avaliou-se o uso da irrigação no crescimento e rendimento de frutos. A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que a escala fenológica proposta é de fácil aplicabilidade e facilitará a comunicação científica e técnica entre os profissionais da área e produtores. O pólen de diferentes cultivares demonstraram potencial "efeito xenia" positivo e negativo nas características dos frutos, enquanto a autopolinização reduz as dimensões e rendimento dos frutos e das amêndoas. Durante o desenvolvimento dos frutos de nogueira-pecã, a ocorrência de períodos de déficit hídrico afeta a dimensão e o enchimento das nozes, sendo que a utilização de irrigação proporciona maiores dimensões e massa dos frutos.

**Palavras chaves:** Pecan; *Carya illinoensis*; autopolinização; polinização cruzada; BBCH.

## ABSTRACT

DE MARCO, Rudinei. **Phenology, xenia and irrigation in the production of pecan fruits**. 2020. 89f. Thesis (Doctorate) - Graduate Program in Agronomy: Temperate Climate Fruits. University Federal of Pelotas, Pelotas, 2020.

One of the fruit species that currently grows the most in economic importance in Brazil is pecan, mainly due to the increased consumption of the fruit and the appreciation of the market. However, with this growth, many problems, doubts and difficulties of communication between those involved with the culture arise, requiring studies that address and establish technical and standardized information, in order to improve the understanding and management of culture through monitoring phenological, pollination and irrigation. Therefore, the objective of the study was to propose and monitor a phenological scale, to evaluate the influence of pollination and irrigation on the dimensions and yields of pecan fruits. To meet the objectives, the work was organized into three chapters. The first is a proposal and application of the BBCH phenological scale adjusted for pecan. In the second chapter, the effect of pollen from different cultivars on the yield and fruit dimensions of 'Kiowa' and 'Barton' was evaluated. In the third chapter, the use of irrigation on fruit growth and yield was evaluated. From the results obtained it was possible to conclude that the proposed phenological scale is easy to apply and will facilitate scientific and technical communication between professionals in the field and producers. Pollen from different cultivars showed potential positive and negative "xenia effect" on fruit characteristics, while self-pollination reduces the dimensions and yield of fruits and almonds. During the development of pecan fruits, the occurrence of periods of water deficit affects the size and filling of the nuts, and the use of irrigation provides greater dimensions and mass of the fruits.

**Keywords:** Pecan; *Carya illinoensis*; self-pollination; cross-pollination; BBCH.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1.1 Nogueira-pecã .....	9
1.2 Fenologia.....	12
1.2.1 Floração e polinização .....	14
1.3 Requisitos edafoclimáticos e requerimento hídrico .....	16
<b>2. JUSTIFICATIVAS .....</b>	<b>18</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>19</b>
3.1 Objetivo geral.....	19
3.2 Objetivos específicos .....	19
<b>4. HIPÓTESES.....</b>	<b>20</b>
<b>5. CAPÍTULO I.....</b>	<b>21</b>
<b>Escala fenológica e características dos estádios de desenvolvimento da nogueira-pecã no Uruguai e no Brasil .....</b>	<b>21</b>
5.1 Introdução .....	21
5.2 Material e Métodos .....	23
5.3 Resultados e Discussão .....	25
5.4 Conclusões .....	52
<b>6. CAPÍTULO II .....</b>	<b>53</b>
<b>Influência da polinização cruzada e da autopolinização na produção de frutos de nogueira-pecã .....</b>	<b>53</b>
6.1 Introdução .....	53
6.2 Material e Métodos .....	54
6.3 Resultados e discussão .....	58
6.4 Conclusões .....	66
<b>7. CAPÍTULO III.....</b>	<b>67</b>
<b>Efeito da irrigação no crescimento e rendimento de frutos de nogueira-pecã.....</b>	<b>67</b>
7.1 Introdução .....	67



7.2 Material e métodos .....	68
7.3 Resultados e discussão .....	69
7.4 Conclusões .....	76
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>77</b>
<b>9. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>79</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Nogueira-pecã

A noqueira-pecã (noz-americana), descrita também como pecan, [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch (GRAUKE, 1991)] é uma espécie frutífera pertencente à família Juglandaceae. Seu fruto é a noz-pecã (nozes), classificado como uma drupa seca (fruto seco oleaginoso) e por vezes é confundido por consumidores com a noz-chilena (noz-europeia ou noz comum) *Juglans regia* L. (WORLEY, 1994; REIGER, 2004; MARTINS et al., 2018).

É uma planta nativa de terras baixas, estando presente naturalmente nas margens de rios das regiões Sul dos Estados Unidos até o Norte do México. O fruto teve grande importância como fonte de alimento aos índios americanos, pois estavam prontamente disponíveis e tinham excelente sabor (GRAUKE; THOMPSON, 1996; SPARKS, 2005).

No Uruguai, a noqueira-pecã foi introduzida em 1960, pelo produtor e empresário Robin Henderson e, desde então, vem sendo cultivada nesse país (SAMUELLE, 2019). Um estudo sobre o potencial de produção da noqueira-pecã, sob as condições edafoclimáticas do Uruguai, tem apontado viabilidade econômica positiva e promissora da cultura, desde que a irrigação possa ser fornecida (VARELA et al., 2015). Nesse país, a área de cultivo está próxima de 700 ha e, atualmente, consta com aproximadamente 50 produtores associados (Asociación de Productores de Pecán del Uruguay – APPU) (SAMUELLE, 2019).

Embora os pecanicultores uruguaios não possuam uma cultivar principal definida, o Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) do Uruguai desenvolve trabalho de acompanhamento fenológico, produtivo e adaptativo de várias cultivares. A coleção consta com as seguintes cultivares: Cape Fear, Desirable, Gloria Grande, Kiowa, Oconee, Pawnee, Shoshoni, Stuart, Success, Sumner, Apache, Elliot, Forket, Maramec, Nacono, Starking, Western e Wichita, justamente para auxiliar os produtores a escolher cultivares com melhor adaptação às condições edafoclimáticas do país.

Já a história da noqueira-pecã no Brasil é um pouco mais antiga, sendo introduzida quase 100 anos antes que no Uruguai, por volta de 1870, por

imigrantes norte-americanos. Seu surgimento tem relação com a guerra civil americana, no qual entre 1865 e 1875, cerca de 2 a 4 mil sulistas norte-americanos migraram para o Brasil e se instalaram principalmente nas cidades de Americana e Santa Bárbara d'Oeste, no interior do estado de São Paulo. Além das técnicas agrícolas sobre a cultura do algodão trazidas pelos americanos, os mesmos trouxeram outras culturas, entre elas a noqueira-pecã, dando origem às primeiras plantas em solo brasileiro (WELLS, 2017a).

De acordo com Wells (2017a), inicialmente a implantação das primeiras plantas de noqueiras em solo brasileiro não tinham interesse comercial pelos imigrantes norte-americanos e sim em manter uma fonte de um ingrediente típico para suas receitas. Contudo, uma rápida expansão da cultura ocorreu nas décadas de 60 e 70, através de incentivos fiscais para florestamento e reflorestamento. A Lei 5.106/66, regulamentada pelo Decreto 59.615/66, permitiu que algumas frutíferas, mesmo não sendo essências florestais, fossem aceitas em projetos para aproveitamento de tais incentivos. Na década de 70 foi complementado com o Decreto-Lei nº 1.134/70, que favorecia o investimento em projetos de empreendimentos florestais com vistas a desconto no imposto de renda.

A partir disso foram implantados muitos pomares no Brasil, que segundo Baracuhy (1980), alcançou cerca de 17.000 ha de noqueira-pecã, principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. No entanto, muitos desses pomares apresentaram baixa produtividade e qualidade de frutos devido, basicamente, à falta de informações e conhecimentos técnicos sobre o manejo da cultura. A partir de então, houve uma desmotivação dos produtores e muitos optaram por desistir do cultivo, sendo que com o tempo parte dos pomares foram arrancados, outros foram e estão sendo recuperados e outros ainda permanecem abandonados. Isso fez com que houvesse uma redução na área de cultivo, sem investimento significativo em novas áreas por vários anos. Somente por volta do ano 2000, a cultura voltou a chamar a atenção de produtores e de empresas do setor, estimulada pela alta dos preços no mercado internacional de frutos secos, consequência, em parte, pela busca de alimentos saudáveis (AUNE et al., 2016; FRONZA; HAMANN, 2016; MARTINS et al., 2019).

Muitas cultivares de noqueira-pecã foram introduzidas no Brasil sendo que muitas não produziram, ou deixaram de ser produzidas, por falta de adaptação, principalmente em função da grande suscetibilidade a doenças fúngicas. Atualmente, 41 cultivares constam no registro nacional de cultivares – RNC (MAPA, 2020), que são: Barton, Brooks, Caddo, Cape Fear, Cherokee, Chetopa, Chickasaw, Choctaw, Clark, Curtis, Davis, Desirable, Elliott, Farley, Forkert, Giles, Gloria Grande, Gormely, Jackson, Jenkins, Jubilee, Kiowa, Mahan, Major, Moneymaker, Moore, Oconee, Owens, Patricks, Pawnee, Peruque, Pitol 1 (Melhorada), Pitol 2 (Importada), Posey, Prilop of Lavaca, Shawnee, Shoshoni, Sioux, Stuart, Summer e Woodroof. Além destas cultivares, tem-se plantado as cultivares Imperial e Success, porém não estão inclusas dentro do RNC. Das 41 cultivares, apenas duas foram selecionadas no Brasil, a Pitol 1 e Pitol 2 e, as demais, são cultivares norte americanas.

Embora não haja registros oficiais de cultivo, estima-se que no Brasil existem próximos a 10 mil ha (FRONZA; HAMANN, 2016) e desde 2015 tem crescido cerca de 1.000 ha anualmente (HAMANN, 2018). Atualmente a grande maioria dos pomares se encontra na região Sul do Brasil e utilizam como cultivar principal Barton (a de maior proporção no pomar), justamente por possuir baixa suscetibilidade a doenças, principalmente a sarna. A escolha de cultivares polinizadoras (de menor proporção no pomar) é variável, ou seja, cada produtor escolhe em média duas a três cultivares, que por vezes segue orientação técnica e por outras utilizam cultivares conforme disponibilidade das mudas nos viveiros.

No entanto, as constatações até este momento demonstram que a produtividade média (rendimento e qualidade) dos pomares brasileiros e uruguaios em geral estão abaixo do potencial, ficando em média próxima a uma tonelada por hectare, sendo possível, com bom manejo, chegar próximo a 3 ton.ha<sup>-1</sup> (FRONZA; HAMANN, 2016). Isso ocorre por um conjunto de fatores, que inicia com a falta de estudos científicos realizados nessas regiões de cultivo, pela implantação de cultivares inadequadas e pomares sem irrigação, dificuldades e desconhecimento na forma de implantação, desequilíbrios nutricionais, hormonais e de substâncias de reserva, falta de registro de produtos para o manejo fitossanitário e de plantas daninhas, a não realização da poda, polinização deficiente e o manejo inadequado da colheita e pós-colheita,

(FRONZA; HAMANN, 2017; FRONZA et al., 2018, BILHARVA et al., 2018), entre outros, como a realização de atividades fora da época ideal pelo não acompanhamento da fenologia. Para isso, o entendimento e acompanhamento da fenologia, da polinização e do uso de irrigação, estão entre esses fatores e devem ser considerados no plano de manejo dos pomares, de forma a melhorar a produção e qualidade dos frutos.

## **1.2 Fenologia**

A noqueira-pecã é uma espécie perene que possui fase vegetativa, reprodutiva e passa por um período de dormência vegetativa (período este caracterizado pela senescência (queda) das folhas e crescimento meristemático praticamente nulo). Cada uma das fases é dotada de distintos estádios que devem ser reconhecidos e compreendidos para o melhor manejo da cultura (SPARKS, 1992; SPARKS, 2005; WELLS, 2017).

Uma ferramenta que auxilia os produtores e técnicos no reconhecimento dos estádios fenológicos da planta é a escala fenológica, que pode ser tanto descritiva como ilustrativa. De acordo com Schwab (2015), as escalas têm como objetivo uniformizar a comunicação entre os envolvidos em atividades agrícolas e também para representar as diferentes fases fisiológicas das plantas para fins de manejo da cultura.

Escalas fenológicas de várias culturas têm sido elaboradas utilizando combinações de letras para cada fase do desenvolvimento principal, tais como: desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, sendo codificados por V e R, respectivamente, e de números dentro de cada fase principal para definir melhor cada fase (V1, V2... Vn; R1, R2... Rn, por exemplo). O mesmo ocorre para a noqueira-pecã, para a qual a literatura apresenta diferentes escalas fenológicas (FRUSSO, 2007; INIA, 2016), utilizando combinações de letras, números ou ambos, o que dificulta a interpretação e comparações entre diferentes regiões do mundo, uma vez que nem sempre o mesmo código de descrição é utilizado para a mesma fase de desenvolvimento.

Além da desvantagem desse tipo de escala, não ser uma linguagem universal, Munger et al. (1998) descrevem que a combinação de letras e números é inadequado para uso em sistemas eletrônicos de processamento de dados. Bleiholder et al. (1991) também relatam que escalas em que se utilizam de dados não numéricos apresenta desvantagem, pois tem-se dificuldade de classificar informações em programas de computador e conseguir uma sequência lógica, podendo dificultar os trabalhos que usam modelos para estimar o desenvolvimento da planta com informações ambientais.

Como forma de padronizar e uniformizar as codificações de todas as espécies de plantas mono e dicotiledôneas, pesquisadores do Centro Federal de Pesquisa Biológica para Agricultura e Silvicultura (BBA) da República Federal da Alemanha, do Instituto Federal de Variedades (BSA) da República Federal da Alemanha, da Associação Alemã de Agroquímicos (IVA) e do Instituto de Horticultura e Floricultura em Grossbeeren/Erfurt, Alemanha (IGZ), desenvolveram um sistema de codificação unificada, denominado de escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical Industry) (HACK et al., 1992).

A escala BBCH é uma proposta que descreve os estádios completos de desenvolvimento de plantas, compreendendo 10 fases principais codificadas de 0-9 em ordem crescente. Cada fase principal é subdividida em subfases enumeradas também de 0-9 (Figura 1). A combinação dos números do estágio principal e estágio secundário resultam em um código de dois dígitos, no entanto, para algumas culturas houve a necessidade do acréscimo de mais um dígito, levando a subdivisão mais detalhada, denominando-se então de escala BBCH estendida (FINN et al., 2007).

O principal objetivo da escala BBCH é facilitar a comunicação científica intra e interdisciplinar, de forma simples e com facilidade de uso, descrevendo e reconhecendo facilmente os estádios vegetativos e reprodutivos de culturas anuais, bienais e perenes, não necessitando para tal formação especializada ou uso de equipamentos (RAJAN et al., 2011).

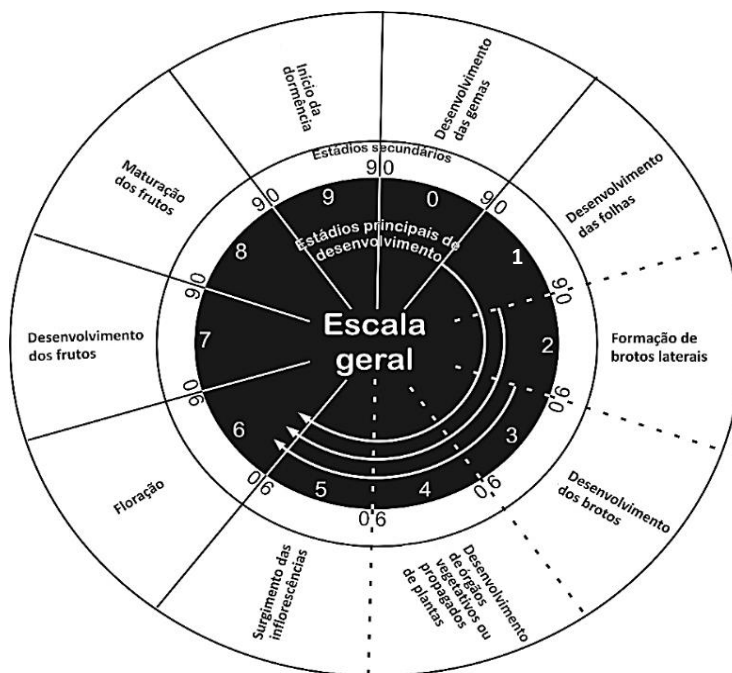


Figura 1 - Ciclo de desenvolvimento de plantas mono e dicotiledôneas dividido em estádios de desenvolvimento principal e secundário. Adaptado de Meier (2001).

No Brasil, até o momento, não se dispõem de nenhuma escala fenológica para a cultura da noqueira-pecã, o que dificulta a comparação de trabalhos e estudos e, principalmente, a definição dos estádios fenológicos de desenvolvimento ideais para o manejo da cultura. Assim, a utilização de uma escala fenológica padrão, estabelecida de acordo com critérios definidos é fundamental para a elucidação deste problema.

### 1.2.1 Floração e polinização

A noqueira-pecã é uma planta monoica, com inflorescência estaminada (amentos) e pistilada (racimos) separadas, mas na mesma planta. Por vezes apresenta dicogamia, ou seja, a produção, viabilidade e dispersão do pólen da flor estaminada não coincidem, totalmente (dicogamia completa) ou parcialmente (dicogamia incompleta), com a receptividade da flor pistilada. Há dois tipos principais de dicogamia, protândria e protogínia. Nas cultivares

protândricas (Grupo I ou Tipo I) as inflorescências estaminadas tornam-se viáveis antes das inflorescências pistiladas. Já nas cultivares protogínicas (Grupo II ou Tipo II) as inflorescências pistiladas ficam viáveis antes das inflorescências estaminadas (SPARKS, 1992; HERRERA, 1999; WELLS, 2017).

As inflorescências estaminadas geralmente são produzidas em gemas mistas em ramos de um ano de idade, sendo que cada gema produz dois grupos de três amentos, enquanto a inflorescência pistilada é formada no ápice do ramo que se desenvolveu no ciclo atual (HERRERA, 1999; WELLS, 2017).

A polinização é predominantemente anemófila (realizada pelo vento), sendo que o pólen pode ser transportado dentro de um pomar até uma distância de, aproximadamente, 50 m, desde que a umidade relativa do ar seja inferior a 85 % (WOOD, 1996; HERRERA, 1999; CONNER, 2011; WELLS, 2017). De acordo com Wells (2007), um único amento pode produzir 2,64 milhões de grãos de pólen, sendo que apenas um grão de pólen é necessário para produzir uma noz-pecã.

Embora nas cultivares com dicogamia incompleta possa ocorrer a autopolinização, a mesma não é desejada, uma vez que a autopolinização aumenta a queda de frutos, reduz o tamanho e rendimento dos mesmos. Para tanto, a polinização cruzada é necessária para alcançar altas produções de nozes. Por esse motivo, se recomenda a implantação de pelo menos três cultivares com sincronização de polinização na mesma área (CONNER, 2012; FRONZA et al., 2015; WELLS, 2017).

O aumento da polinização cruzada pode ser assegurado por meio da implantação de cultivares com floração na mesma época, ou seja, com sincronização de polinização. No entanto, isso não é garantia de produção de frutos de qualidade, uma vez que a noqueira-pecã apresenta “efeito xenia” (ROMBERG; SMITH, 1946), que é o efeito do pólen no desenvolvimento do endosperma e embrião (tecidos de sementes) ou o efeito do pólen nos tecidos dos frutos (DENNY, 1992; OLFATI et al., 2010; MELLIZO et al., 2012). Em outras palavras, o pólen de determinada cultivar pode exercer influência positiva ou negativa nas características dos frutos e estudos já identificaram tal efeito (ROMBERG; SMITH, 1946; MARQUARD, 1988; WANG et al., 2010). No entanto,



para a grande maioria das cultivares não se tem conhecimento sobre esse efeito, necessitando ainda ser abordado.

Nesse contexto, cultivares polinizadoras adequadas no pomar são obrigatórias para a produção satisfatória. O primeiro passo para garantir a polinização adequada é monitorar e avaliar os tempos de receptividade do estigma e o tempo de liberação do pólen, que devem ser estudados em cada região e por vários anos. Além disso, o “efeito xenia” já relatado na cultura, deve ser melhor caracterizado e estimado quanto aos rendimentos de produção em função da origem do pólen. Assim, tais informações são relevantes e servem de base para a escolha de cultivares a serem implantadas, uma vez que devem ter sincronização de polinização e o potencial de melhorar as características de produção e qualidade dos frutos.

### **1.3 Requisitos edafoclimáticos e requerimento hídrico**

Embora a noqueira-pecã seja nativa do Hemisfério Norte, Ojeda-Barrios et al. (2009) destacam que entre as latitudes 25° e 35°, tanto no Hemisfério Norte como no Sul, tem potencial para o cultivo da noqueira-pecã.

A planta de noqueira-pecã necessita, durante os períodos de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, de pelo menos 180 a 210 dias com temperatura entre 24 e 30 °C, livres de geadas (RASEIRA, 1990; SPARKS, 2005; MADERO et al., 2012). Contudo, como uma espécie característica de clima temperado, no final do outono ocorre a queda das folhas e a planta entra em dormência, que para superá-la e iniciar um novo ciclo de crescimento, necessita de acúmulo de horas de frio (temperaturas iguais ou inferiores a 7,2 °C). A necessidade de horas de frio varia de acordo com a cultivar, mas supõe-se que as exigências das cultivares implantadas no Rio Grande do Sul, são em torno de 400 horas (RASEIRA, 1990). Embora em regiões deste Estado, com acúmulo em torno de 100 a 200 horas, tem-se conseguido boa produção (FRONZA; HAMANN, 2016).

Em relação a disponibilidade hídrica do solo, a espécie se desenvolve bem em condições climáticas que variam de úmido a seco (desde que fornecido

água por irrigação) (SPARKS, 2005). Tem boa adaptação em solos profundos e bem drenados, com pH entre 6 e 6,5, com bons níveis de nutrientes e matéria orgânica e boa capacidade de retenção de água, proporcionando condições para o desenvolvimento do sistema radicular (CALL et al., 2006; FRONZA et al., 2015; WELLS, 2017).

É uma espécie que não suporta solos com excesso de umidade (encharcados) por períodos prolongados (MADERO et al., 2017), no entanto, é sensível ao déficit hídrico. De acordo com Madero et al. (2012), possui necessidade hídrica próxima de 800 mm anuais bem distribuídos. Resultados de pesquisa obtidos por Sierra et al. (2001) relatam que a lâmina de água anual varia entre 750 mm e 2000 mm. Em regiões com períodos de déficit hídrico deve ser fornecido artificialmente água as plantas (irrigação). A falta de água pode ocasionar aumento da alternância de produção (menor acúmulo de reserva), a queda de frutos, nozes mal preenchidas e de menor tamanho, dependendo do estágio fenológico em que o estresse hídrico ocorrer (HERRERA, 2005, FRONZA et al., 2015; WELLS, 2015).

Pesquisa realizada no Arizona (EUA) por Call et al. (2006), aponta que uma planta adulta necessite de cerca de 129.000 litros de água durante um ciclo anual, para produzir entre 18 a 22 kg por árvore, isso equivale a mais de 5.000 litros por quilograma de fruto. No entanto, tal condição edafoclimática é diferente às encontradas na maioria das potenciais regiões de cultivo da espécie na América do Sul, que devem ser melhor estudadas.

Portanto, mesmo as principais regiões produtoras de noqueira-pecã da América do Sul não apresentarem uma estação seca definida, normalmente ocorre períodos de déficit hídrico. Varela et al. (2015) relatam que, em condições uruguaias, durante os meses de setembro e março (período de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da noqueira-pecã na América do Sul) apresentam déficit hídrico, sendo fundamental o fornecimento de água por irrigação para se obter produção considerável. Para tanto, estudos que abordem a real necessidade de água devem ser melhor abordados nessas regiões de cultivo.

## **2. JUSTIFICATIVAS**

Nos últimos anos a cultura da noqueira-pecã tem se tornando uma importante atividade tanto para grandes como para pequenos produtores. Embora, recentemente tem ocorrido aumento expressivo da área cultivada e também de algumas pesquisas sobre a cultura, ainda carecem de estudos básicos como a definição e a padronização de uma escala fenológica para auxiliar no acompanhamento e no manejo da produção de nozes. Isso se aplica especialmente no Brasil, que não consta de nenhuma escala fenológica para a cultura. Dessa forma, a elaboração de uma escala fenológica é extremamente importante, pois, além de melhorar o entendimento sobre o desenvolvimento da espécie, permitirá a realização de pesquisas para ajustar as práticas de manejo da cultura.

Além disso, o mercado consumidor busca frutos grandes e de qualidade, condição essa que só será possível obter pela polinização adequada e pelo uso de práticas fitotécnicas atualizadas. Assim, além da implantação de cultivares com sincronização da polinização, a fim de garantir polinização cruzada, também se deve conhecer e entender a influência do pólen de diferentes cultivares nas dimensões e características dos frutos.

Outro aspecto importante que influencia as dimensões e rendimentos dos frutos e, conseqüentemente a sua qualidade, é a irrigação, que muitas vezes não é considerada nas atividades do pomar. Contudo, faltam informações sobre a necessidade ou não de irrigação e sobre seu efeito no crescimento e rendimento dos frutos. Desse modo, estudos que abordem esse tema são necessários para que produtores e técnicos envolvidos com a cultura considerem essa atividade importante.

Em âmbito geral, esse estudo visa auxiliar no melhor entendimento sobre os principais estádios fenológicos da cultura e poderá subsidiar os pecanicultores na escolha de cultivares com adequada polinização e da importância da irrigação no aumento da produtividade e qualidade dos frutos.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Adaptar uma escala fenológica, acompanhar a fenologia e avaliar alguns fatores que afetam a produção de frutos de noqueira-pecã.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Adaptar uma escala fenológica com os principais estádios fenológicos da noqueira-pecã.

Verificar o período de liberação do pólen e a receptividade do estigma de cultivares de noqueira-pecã.

Avaliar os efeitos da autopolinização e do pólen de diferentes cultivares nas dimensões e no rendimento de frutos de noqueira-pecã.

Avaliar a influência do uso de irrigação no crescimento e no rendimento de frutos de noqueira-pecã.

#### **4. HIPÓTESES**

A escala BBCH é prática e de fácil aplicação para o monitoramento das fases fenológicas da noqueira-pecã.

Há diferença no período de liberação de pólen e na receptividade do estigma entre as cultivares de noqueira-pecã.

As cultivares avaliadas possuem diferentes tipos de dicogamia.

A autopolinização reduz o rendimento e a produção de frutos.

A origem do pólen exerce influência nas dimensões e no rendimento de frutos.

O uso da irrigação influencia positivamente no crescimento e no rendimento de frutos de noqueira-pecã.

## 5. CAPÍTULO I

### Escala fenológica e características dos estádios de desenvolvimento da nogueira-pecã no Uruguai e no Brasil

#### 5.1 Introdução

A nogueira-pecã *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch é uma espécie frutífera de clima temperado que passa por um período de dormência vegetativa, sinalizado pela queda das folhas durante o inverno (SPARKS, 1992; SPARKS, 2005; WELLS, 2017), retomando seu ciclo de crescimento e desenvolvimento vegetativo na primavera, em meados de setembro no Hemisfério Sul. Durante o ciclo anual de crescimento, a cultura passa por diferentes fases, portanto, o conhecimento, bem como o critério de monitoramento em que acontecem cada fase são fundamentais para estudos sobre fenologia, que podem auxiliar no entendimento sobre a interação com o meio ambiente e consequentemente, no manejo das plantas no pomar.

Nesse contexto, o conhecimento da fenologia se torna indispensável, uma vez que estuda a ocorrência das fases ou atividades do ciclo vital das plantas e sua ocorrência temporal e espacial ao longo do ano (MORELLATO, 1995). A fenologia determina os momentos em que os vegetais diferenciam seus tecidos para expressar modificações fisiológicas que se produzem sob interferência de fatores bióticos e abióticos (RÊGO et al., 2006; SOUZA et al., 2014), ou seja, são observações das mudanças exteriores visíveis ao longo do ciclo da planta.

Para tanto, os estudos fenológicos são baseados no monitoramento das plantas a campo, caracterizando os estádios de desenvolvimento das culturas e consequentemente a duração das fases fenológicas. O conhecimento prévio da fenologia constitui uma ferramenta eficaz de manejo, pois permite identificar, por meio da observação dos caracteres morfológicos da planta, o momento fisiológico ao qual se encontram associadas as necessidades térmicas de cada cultivar. Conhecidos os parâmetros, será possível definir períodos propícios para a realização dos tratos culturais, possibilitando melhorar o desenvolvimento da cultura e, consequentemente, aumento da produtividade (OLIVEIRA et al., 2018). Além de auxiliar no planejamento para a realização da poda, aplicação de fertilizantes, bioestimulantes, reguladores de

crescimento, indutores de brotação, irrigação, manejo de pragas, doenças e plantas daninhas, entre outras atividades.

Os métodos de avaliação e as escalas fenológicas utilizadas para noqueira-pecã, como para várias outras culturas, variam na literatura (FRUSSO, 2007; INIA, 2016; HAN et al., 2018) e podem influenciar os padrões relatados, dificultando comparações em diferentes regiões do mundo. Assim, a utilização de uma escala fenológica padrão, estabelecida de acordo com os critérios definidos são fundamentais para a elucidação deste problema.

Pesquisadores pertencentes ao Centro Federal de Pesquisa Biológica para Agricultura e Silvicultura (BBA) da República Federal da Alemanha, o Instituto Federal de Variedades (BSA) da República Federal da Alemanha, a Associação Alemã de Agroquímicos (IVA) e o Instituto de Horticultura e Floricultura em Grossbeeren/Erfurt, Alemanha (IGZ), desenvolveram um sistema de codificação unificada para descrever estádios fenológicos de mono e dicotiledôneas, denominado de escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and CHemical Industry) (HACK et al., 1992). Essa escala, com abordagem precisa e simplificada, permite a identificação de estádios fenológicos onde o mesmo código é aplicado ao mesmo estágio em plantas de diferentes espécies (FLEMMER et al., 2014).

Entre as vantagens da escala BBCH, cita-se que as fases de crescimento similarmente desenvolvidas de diferentes culturas recebem os mesmos códigos, o que torna a aplicação facilitada, permite o armazenamento e a recuperação em um sistema digital de linguagem universal, facilitando o cruzamento de informações (HACK et al., 1992). A escala BBCH foi usada para categorizar as fases de crescimento de uma diversidade de plantas frutíferas, incluindo oliveira (*Olea europaea*) (SANZ-CORTÉS et al., 2002), olho de dragão (*Dimocarpus longan*) (PHAM et al., 2015), fruteira-do-conde (*Annona squamosa*) (LIU et al., 2015), mangueira (*Mangifera indica*) (HERNÁNDEZ DELGADO et al., 2011), abacateiro (*Persea americana*) (ALCARAZ et al., 2013), noqueira-pecã (*Carya illinoensis*) (HAN et al., 2018).

Nesse contexto, uma proposta de escala fenológica baseada na escala BBCH estendida e adaptada de Finn et al. (2007) e Han et al. (2018) é sugerida para descrever a morfologia dos principais estádios de noqueira-pecã no Brasil e Uruguai. Com isso, o objetivo desse trabalho foi propor a adaptação bem como a aplicabilidade da escala BBCH para noqueira-pecã, de forma a padronizar os estudos realizados

sobre o tema. Além da proposta de uma escala, descrever o ciclo da cultivar Barton, assim como avaliar o período de liberação do pólen e a receptividade do estigma de cultivares de noqueira-pecã.

## 5.2 Material e Métodos

Com base na escala BBCH, modificada por Finn et al. (2007) e Han et al. (2018), foi proposto e aplicado, a campo, a escala fenológica BBCH para a noqueira-pecã, de forma a padronizar estudos mais detalhados sobre as fases da cultura, bem como auxiliar no reconhecimento dos principais estádios fenológicos. Para tanto, os estádios fenológicos propostos nesse trabalho foram elaborados, ajustados e aplicados a partir de dois anos de observações. Durante o ciclo 2017/2018, a avaliação foi realizada na coleção de noqueira-pecã da estação experimental "Wilson Ferreira Aldunate", INIA – Las Brujas (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), no Departamento de Canelones, Uruguai (34°40'15"S e 56°20'27"O). Já, no ciclo 2018/2019, foi realizada em um pomar no Município de Canguçu, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (31°28'08"S e 52°41'55"O).

Em ambos pomares as plantas de cada uma das cultivares de noqueira-pecã são enxertadas (porta enxerto desconhecido) e foram implantadas com espaçamento de 10 x 10 m. No Uruguai foram acompanhadas nove cultivares (Cape Fear, Pawnee, Desirable, Oconee, Kiowa, Success, Shoshoni, Gloria Grande e Stuart) implantadas no ano de 2010 e no Brasil quatro cultivares (Barton, Melhorada, Jackson e Success), implantadas no ano de 2009. A avaliação fenológica foi realizada em seis plantas de cada cultivar, sendo amostrado um ramo em cada quadrante (Norte, Sul, Leste e Oeste) totalizando quatro ramos por planta.

A escala BBCH original descreve os estádios completos de desenvolvimento de plantas com 10 fases, utilizando código principal de 0 a 9. Sendo que em cada estágio principal são descritas mais 10 subfases (estádios secundários), também utilizando, como códigos secundários, algarismos de 0 a 9 (HACK et al., 1992). Para tanto, foram utilizados para a noqueira-pecã oito estádios principais de desenvolvimento. Os estádios 2: formação de brotos laterais e 4: desenvolvimento de órgãos vegetativos ou propagados de plantas, utilizados na escala BBCH original, não



foram considerados na presente proposta de escala, pois não foram considerados relevantes para a nogueira-pecã (Tabela 1).

Tabela 1. Código e descrição do estágio principal proposto para a escala fenológica BBCH para nogueira-pecã.

Código do estágio		Descrição do estágio principal
Principal	Secundário	
0	00 – 09	Desenvolvimento das gemas
1	10 – 19; (*100 -109)	Desenvolvimento das folhas
<del>2</del>	<del>20 – 29</del>	<del>Formação de brotos laterais</del>
3	30 – 39; (*300 – 309)	Desenvolvimento dos brotos
<del>4</del>	<del>40 – 49</del>	<del>Desenvolvimento de órgãos vegetativos ou propagados de plantas</del>
5	50 – 59	Surgimento das inflorescências
6	60 – 69	Floração
7	70 – 79	Desenvolvimento dos frutos
8	80 – 89	Maturação dos frutos
9	90 – 99	Início da dormência

\*Acrescenta-se um zero (0) entre o algarismo do código principal e o algarismo do código secundário para representar o segundo período (“surto”) de desenvolvimento do ciclo.

Cada estágio principal e secundário foi codificado e descrito por meio de observações visuais das mudanças externas da planta. O estágio fenológico considerado em cada data de avaliação foi obtido pela média amostral da cultivar.

Os estágios secundários (0 a 9) utilizados na presente escala variaram dentro de cada estágio de crescimento principal, sendo melhor abordadas e descritas conforme a importância de cada estágio, considerando as principais atividades de manejo da cultura que são realizadas, principalmente em pomares brasileiros. Como a cultura da nogueira-pecã apresenta dois períodos de desenvolvimento vegetativo (“surto de brotação”) em cada ciclo, nos estágios principais 1 (desenvolvimento das

folhas) e no estágio 3 (desenvolvimento dos brotos), foi adicionado um zero (0) entre o algarismo que representa o código principal e o algarismo que representa o código secundário, de forma a representar o segundo período (Tabela 1).

Foram sugeridos diferentes intervalos de observações entre os estádios fenológicos, de acordo com a velocidade em que acontece cada estágio de desenvolvimento da cultura.

Com base na escala descritiva e mais detalhada foi proposto também uma escala ilustrativa e mais simplificada, que representa os estádios de desenvolvimento de maior relevância da noqueira-pecã, sendo possível a visualização a partir de fotografias.

As escalas propostas, descritiva e ilustrativa foram aplicadas a campo para a descrição do ciclo fenológico da cultivar Barton, principal cultivar implantada no Brasil, no ciclo 2017/2018. Também foi monitorado e elaborado um calendário de polinização de todas as cultivares estudadas, sendo avaliados os períodos de liberação de pólen e da receptividade do estigma. Para a constatação da liberação do pólen os amentos (inflorescência masculina) foram levemente agitados sobre papel de coloração preto, de forma a facilitar a observação do pólen. Enquanto, para a receptividade do estigma, foi observada a presença do fluído estigmático sobre a superfície do estigma das flores femininas, o qual possui uma aparência brilhante na presença da luz solar (AJAMGARD et al., 2017). Foram considerados os estádios 60 e 69 da escala proposta, respectivamente para o início e final da floração.

### **5.3 Resultados e Discussão**

Para a escala descritiva foram descritos 34 estádios, considerando os estádios principais e os estádios secundários (Quadro 2; 3; 5 e 6), enquanto para a escala ilustrativa foram propostos 22 dos principais estádios fenológicos considerados da cultura (Figura 3).

Para tal, serão abordadas as seguintes etapas: desenvolvimento vegetativo; reprodutivo; dos frutos e; dormência.

## **Desenvolvimento vegetativo**

Em frutíferas de clima temperado, o desenvolvimento vegetativo compreende três etapas principais, as quais referem-se ao desenvolvimento das gemas, das folhas e dos brotos. É considerado uma das fases mais importantes do cultivo, pois é nesse período que as plantas produzem fotoassimilados para serem utilizadas na fase inicial do crescimento e, posteriormente, na frutificação e no desenvolvimento dos frutos (WEBSTER, 2005).

### **- Desenvolvimento das gemas (BBCH 00-09)**

Ao final do ciclo anual de desenvolvimento da noqueira-pecã, que ocorre entre os meses de maio e início de junho no Hemisfério Sul, a planta entra em dormência com senescência das folhas. Durante o período invernal (junho a agosto), ocorre redução da taxa de desenvolvimento da gema como forma de sobrevivência às condições ambientais desfavoráveis ao crescimento, devido às baixas temperaturas (MARAFON et al., 2011). Durante esse período, do início ao final da dormência, importantes processos metabólicos ocorrem, como a translocação de água e carboidratos. A água transloca-se das gemas, mobilizando os carboidratos durante a fase de repouso hibernar para os tecidos adjacentes (ramos, tronco e principalmente raízes), fazendo com que as gemas se desidratem (BBCH 00). Ao final do mês de agosto e início de setembro, quando da sinalização da superação da dormência, ocorre a reidratação das gemas, sendo um indicativo fisiológico para a retomada do crescimento, característica essa, comumente encontrada nas espécies frutíferas de clima temperado (YAMAMOTO et al., 2010; MARAFON et al., 2011; SIMÕES, 2011). Nesse período ocorre a fase de inchamento das gemas (BBCH 01) e, posteriormente, iniciando a brotação (BBCH 07). Nesta fase é possível observar as escamas exteriores, que recobrem as gemas, deslocarem em movimento de abertura das gemas.

O último estágio do desenvolvimento das gemas, proposto nessa escala, ocorre quando é possível observar a separação das escamas internas, de coloração verde (BBCH 09 – gema aberta) (Quadro 2).

Quadro 2 - Estádios de desenvolvimento vegetativo com o respectivo código numérico e a descrição do estágio fenológico proposto para a cultura da noqueira-pecã, com base na escala BBCH.

Código	Estádio	Descrição
<b>Estádio de crescimento principal 0: Desenvolvimento das gemas</b>		
00	Gema dormente	Gemas estão fechadas e cobertas por escamas de coloração castanha
01	Gema inchada	As gemas começam a se hidratar (aumentar de tamanho)
07	Início da brotação	As gemas começam a abrir e brotar e as pontas das folhas verdes começam a tornar-se visíveis
09	Gema aberta	Escamas de coloração castanha não são mais visíveis e ocorre a separação das escamas internas (verdes)
<b>Estádio de crescimento principal 1: Desenvolvimento das folhas</b>		
11 (*101)	Primeiras folhas visíveis	Primeiras folhas começam a surgir e abrem-se
15 (105)	Primeiras folhas totalmente expandidas/abertas	Todos os folíolos da folha estão abertos e visíveis
17 (107)	Todas as folhas expandidas/abertas	
19 (109)	Folhas maduras	As folhas mudam de verde claro para verde escuro
<b>Estádio de crescimento principal 3: Desenvolvimento dos brotos</b>		
31 (301)	Brotos em crescimento inicial	Eixos dos brotos tornam-se visíveis
32 (302)	Brotos com 20 cm de crescimento	Brotos atingem aproximadamente 20 cm de crescimento
33 (303)	Brotos com 30 cm de crescimento	Brotos atingem aproximadamente 30 cm de crescimento
35 (305)	Brotos com 50 cm de crescimento	Brotos atingem aproximadamente 50 cm de crescimento
37 (307)	Brotos com mais de 70 cm de crescimento	Brotos atingem 70 cm ou mais de crescimento
38 (308)	Brotos lignificados	Ocorre a mudança de coloração do eixo do broto, passando de verde para marrom. Os brotos passam de herbáceos para semilenhosos a lenhosos e reduzem a pilosidade do eixo
39 (309)	Tamanho final dos brotos	O crescimento dos brotos cessam

\*Acrescenta-se um zero (0) entre o algarismo do código principal e o algarismo do código secundário para representar o segundo período de desenvolvimento do ciclo.

Em cada entrenó, normalmente, são encontrados duas, três, até quatro gemas, sendo que a gema mais próxima da extremidade terminal do ramo é a mais proeminente e a que geralmente irá brotar. As demais gemas, de acordo com Herrera (1999), são gemas de reserva e dificilmente brotam, a não ser que a gema primária seja danificada (insetos, danos físicos e/ou mecânicos) ou devido à realização de podas.

Como descrito acima a nogueira-pecã, passa por um período de suspensão temporária do crescimento visível e com drástica redução de suas atividades metabólicas durante o inverno, denominada de dormência, sendo que para superá-la e iniciar um novo ciclo de crescimento, necessita de acúmulo de horas de frio (temperaturas iguais ou inferiores a 7,2 °C) que é variável e ainda não bem elucidada entre as cultivares (RASEIRA, 1990; FRONZA; HAMANN, 2016). Contudo, anos agrícolas com um total de horas inferior ao mínimo exigido pode haver distúrbios fisiológicos, baixa porcentagem e irregularidade da brotação e consequentemente redução da produção (WELLS, 2017b). Dessa forma, como prática a este acontecimento, em regiões onde o acúmulo de frio é insuficiente é necessário o uso de alternativas que visam a indução da brotação (quebra de dormência artificial). Alguns produtos como a cianamida hidrogenada, óleo mineral, nitratos de cálcio e potássio, extrato de alho, entre outros, tem sido utilizado para esse fim em outras frutíferas de clima temperado. No entanto, no Brasil, a superação da dormência na cultura da nogueira-pecã não é uma prática comum, pois carece de estudos com diferentes produtos, dosagens, época e forma de aplicação. Portanto, deve ser melhor estudada e considerada importante, especialmente em anos com invernos atípicos (baixo acúmulo de horas de frio) ou em regiões brasileiras com invernos mais amenos.

Além da utilização de alternativas que visam a indução da brotação, outras atividades de manejo devem ser realizadas no pomar durante a dormência vegetativa (antes do estágio BBCH 01 – gema inchada), como a realização de podas, tratamentos fitossanitários como uso de calda sulfocálcica, entre outras.

- Desenvolvimento das folhas (BBCH 11-19) e dos brotos (BBCH 31-39)

Os próximos estádios da escala do desenvolvimento vegetativo correspondem ao desenvolvimento das folhas e dos brotos (Quadro 2). Nesses

estádios são observados dois surtos de brotação, sendo que o primeiro ocorre no final de setembro e início de outubro, enquanto o segundo inicia em novembro/dezembro e vai até meados de março. Nesse caso, propôs-se o acréscimo de um zero (0) entre o algarismo do código principal e o algarismo do código secundário para representar o segundo período de desenvolvimento do ciclo (segundo surto de crescimento).

Normalmente é observado diferentes estádios de desenvolvimento no mesmo momento de observação. Dessa forma, os códigos de cada estágio podem ser anotados para a mesma data separando ambos por uma barra, por exemplo: no dia 20 de outubro foi observado o estágio BBCH 11 – Primeiras folhas visíveis, nessa mesma data foi possível verificar também o crescimento inicial dos brotos – BBCH 31, tendo sido registrado então 11/31.

A nogueira-pecã possui folhas compostas imparipinadas, com folíolos de margens serreadas. O número de folíolos em cada folha é variável entre as cultivares, podendo ter de 9 a 17 (KOESER et al., 2015), sendo que os mesmos só podem ser observados quando a folha estiver totalmente expandida. Nesse contexto, foram propostos quatro estádios de desenvolvimento das folhas: Primeiras folhas visíveis (BBCH 11), mas ainda não é possível observar todos os folíolos; primeiras folhas expandidas/abertas (BBCH 15), onde são observados todos os folíolos; todas as folhas estão expandidas/abertas (BBCH 17) e folhas maduras (BBCH 19), quando as folhas mudam de coloração verde claro para verde escuro.

O conhecimento sobre o desenvolvimento das folhas é importante e pode auxiliar no manejo do pomar, pois é através delas que a planta realiza fotossíntese, que é a conversão de dióxido de carbono da atmosfera em carbono orgânico, necessária para o seu desenvolvimento (TAIZ et al., 2017). No entanto, segundo Moreno (2018b), quando uma folha está na fase de crescimento a energia é drenada para elas a partir de outros órgãos como folhas desenvolvidas e/ou de órgãos de reserva. Isso é um indicativo que para termos um bom desenvolvimento inicial de folhas, em cada ciclo de desenvolvimento, a planta necessita ter acumulado reservas no ciclo anterior, antes da senescência das folhas.

Uma prática que busca avaliar como estão as plantas nutricionalmente é por meio da análise química foliar, recomenda normalmente no mês de fevereiro, através da coleta do par de folíolos das folhas localizadas na porção média dos ramos de crescimento da estação atual, nos quatro quadrantes (N, S, L, O) da planta. Para isso é necessário amostrar aproximadamente 10 plantas aleatórias no pomar através de

caminhamento em zig-zag. No entanto, ao se fazer a análise química foliar em uma única época do ano não permite o produtor realizar ajustes nutricionais no ciclo atual, dessa forma, sugere-se a partir do mês de novembro até o mês de março mensalmente a amostragem foliar para análise química, interpretação dos resultados e ajustes nutricionais as plantas.

O desenvolvimento dos brotos inicia-se quando é possível observar-se o eixo dos brotos (BBCH 31 – Quadro 2) e vai até o final do crescimento do mesmo (BBCH 39). Em cada ciclo da cultura, o crescimento de brotos é variável de acordo com a idade das plantas, entre as cultivares, mas principalmente em função do manejo nutricional e de irrigação do pomar, sendo que para manter uma produção estável ao longo dos anos são desejáveis brotos com 25 a 30 cm de comprimento (ARREOLA-ÁVILA et al., 2010) sendo necessários de 8 a 10 folhas saudáveis para a produção de uma única noz (MORENO, 2019).

O monitoramento do desenvolvimento dos ramos faz-se necessário por vários motivos, entre eles: para o início do controle preventivo de doenças, que deve ocorrer a partir do momento em que os ramos atingirem próximo a cinco centímetros de comprimento; para a realização da poda verde em plantas em formação (do segundo ao quarto/quinto ano pós plantio); para determinar o momento da enxertia; para monitorar o vigor dos mesmos, ou seja, se para manter uma boa produção os brotos devem possuir entre 25 e 30 cm, o produtor deve equilibrar a adubação, principalmente a nitrogenada e, fazer uso de reguladores de crescimento, que por sinal, ainda devem ser estudados para a noqueira-pecã.

## **Desenvolvimento reprodutivo**

O desenvolvimento reprodutivo é marcado pela capacidade da planta em produzir flores, e é resultante de mudanças que ocorrem no meristema das gemas (LARCHER, 2000), compreendendo o surgimento das inflorescências (BBCH 51-59) e a floração (BBCH 60-69) (Quadro 3).

A noqueira-pecã é uma espécie frutífera monoica com inflorescências masculinas (estaminadas) e femininas (pistiladas) em locais diferentes, mas na mesma planta. À medida que inicia o crescimento na primavera (setembro/outubro), as inflorescências masculinas (amentos) também são iniciadas a partir de gemas

mistas em ramos de ano, ou seja, de um ano de idade. Normalmente, em cada gema são produzidos dois grupos de três amentos em lados opostos da gema, interligados por um pedúnculo. Enquanto as inflorescências femininas (racimos) podem surgir no ápice da brotação de ramos do ano, ou seja, em ramos que brotaram no ciclo atual. O número de flores pistiladas em cada racimo é variável entre as cultivares, mas também sofre influência do vigor do broto. Em média podem ser encontradas entre 3 e 7 flores em cada racimo (HERRERA, 1999).

Quadro 3 - Estádios de desenvolvimento reprodutivo com o código numérico e a descrição das fases fenológicas propostas para a cultura da noqueira-pecã, baseadas na escala BBCH.

Código	Estádio	Descrição
<b>Estádio de desenvolvimento principal 5: Surgimento das inflorescências</b>		
51(E); 51(P)	Surgimento das inflorescências estaminadas (E) e Pistiladas (P)	Órgãos florais visíveis, inicia o surgimento dos amentos (E) e racimos (P) das gemas, os quais ainda permanecem fechados
55(E); 55(P)	Inflorescências com cerca de 50 % do comprimento final padrão da cultivar	Brácteas das inflorescências masculinas visíveis e separadas da antera, sendo possível visualizar os pedúnculos dos amentos (E). Estigma das flores femininas visíveis (P)
59(E); 59(P)	Fim do crescimento das inflorescências estaminadas (E) e Pistiladas (P)	Estames e pistilos visivelmente separados da raquis, os quais atingem o tamanho final da cultivar antes da polinização
<b>Estádio de desenvolvimento principal 6: Floração</b>		
60(E); 60(P)	Início da floração	1 % das flores estaminadas (E) liberando pólen e 1 % das flores pistiladas (P) com estigma receptivo
65(E); 65(P)	Plena floração	50 % das flores estaminadas (E) liberando pólen e 50 % das flores pistiladas (P) com estigma receptivo
69(E); 69(P)	Final da floração	99 % das flores estaminadas (E) já liberaram pólen, os amentos secam e caem. 99 % das flores pistiladas (P) já foram polinizadas, estigmas sem brilho e necrosados



Diversos resultados de pesquisa indicam que a diferenciação da flor feminina (pistilada) da noqueira-pecã ocorre na época do início do crescimento (WETZSTEIN; SPARKS, 1989) (agosto/setembro no Hemisfério Sul). Período esse que corresponde ao final da gema inchada e após a divisão das escamas externas da gema, mas antes da divisão das escamas internas (WETZSTEIN; SPARKS, 1983). Isso está em contraste com a maioria das outras espécies de árvores caducifólias, em que a diferenciação ocorre durante a estação de crescimento anterior (KRAMER; KOZLOWSKI, 1979).

De acordo com Herrera (1999), as flores pistiladas se diferenciarão a partir do tecido vegetativo (predominante de gemas apicais) e se formarão se houver acúmulo de carboidratos suficientes para tal. Essa fase ocorre nos estádios iniciais de crescimento, mas o surgimento das flores só vai ocorrer entre quatro a seis semanas depois. Neste contexto, sob a ótica de manejo, essa informação é extremamente importante, pois o acúmulo de reservas no ciclo anterior irá influenciar diretamente no ciclo seguinte para obter uma satisfatória floração.

No Hemisfério Norte, Woodroof; Woodroof (1926) descreveram que a diferenciação das flores pistiladas só ocorre nos últimos 10 dias do mês de fevereiro até a primeira semana de março (aproximadamente final de agosto e início de setembro no Hemisfério Sul). Estes mesmos autores destacam que, se houver algum dano nas gemas apicais ou a retirada através de podas antes do momento da diferenciação, as gemas laterais são forçadas a diferenciar e formarão flores pistiladas, mas, caso isso ocorra posteriormente a essa data, não haverá flores pistiladas nesse ciclo. Nesse contexto, a data da realização da poda de inverno deve ser considerada, pois quando realizada muito tarde pode influenciar na formação de flores pistiladas. No entanto, estudos que abordam diferentes datas da realização da poda e a formação de flores pistiladas de gemas laterais devem ser realizados nas condições brasileiras.

Observa-se no Quadro 3 a proposta de três estádios para caracterizar o surgimento das inflorescências masculinas ou estaminadas (E) e femininas ou pistiladas (P), iniciando com o surgimento das mesmas, ou seja, quando inicia o surgimento dos órgãos florais (amentos e racimos) das gemas, mas as estruturas florais ainda permanecem fechadas - BBCH 51(E); 51(P). O segundo estágio ocorre quando as inflorescências estão com aproximadamente 50 % do crescimento final, e é possível visualizar os pedúnculos dos amentos e quando o estigma das flores

femininas são visíveis – BBCH 55(E); 55(P). O terceiro estágio corresponde ao final do crescimento das inflorescências, porém antes da polinização, sendo possível observar os estames e pistilos visivelmente separados da raquis (eixo da inflorescência) - BBCH 59(E); 59(P).

O estágio de desenvolvimento principal 6, correspondente à floração, tendo sido proposto mais três sub-estádios (Quadro 3), sendo: início da floração, quando aproximadamente 1 % das inflorescências estaminadas e pistiladas estão liberando pólen (BBCH 60 E) ou com estigma receptivo (BBCH 60 P); plena floração, quando 50 % das inflorescências estaminadas estão liberando pólen (BBCH 65 E) e as pistiladas com estigmas receptivos (BBCH 65 P) e; final da floração, que foi considerado quando os amentos apresentam coloração marrom escura, secam e caem (BBCH 69 E) e os estigmas ficam desidratados, com aspecto necrosado de coloração escura (BBCH 69 P).

A liberação do pólen ocorre quando as anteras são abertas e o mesmo é transportado pelo vento, ou seja, a polinização é anemofila para a noqueira-pecã (WETZSTEIN; SPARKS, 1986; HERRERA, 1999; WELLS, 2017). Os autores ressaltam que o pólen só é transportado quando a umidade relativa do ar for menor que 85 %. De acordo com Simão (1971); Han et al. (2018), períodos quentes e secos e com ventos fortes durante esse período podem antecipar e encurtar a liberação do pólen, enquanto períodos frios e úmidos podem retardar e alongar a liberação do pólen.

Embora frequentemente seja possível encontrar a presença de abelhas visitando os amentos e coletando pólen (Figura 1), não foi observado as mesmas visitando os estigmas das inflorescências femininas. Confirmando, o que já foi relatado acima, de que a polinização na noqueira-pecã é exclusivamente anemófila.



Figura 1. Abelha visitando os amentos (inflorescência masculina) e coletando pólen em noqueira-pecã.

Já a receptividade do estigma é relativamente difícil de observar com precisão, devido à grande variação das formas e tamanhos das flores pistiladas e superfícies estigmáticas entre as cultivares no momento da receptividade. À medida que as flores pistiladas amadurecem, a superfície estigmática se torna mais proeminente e avermelhada em algumas cultivares, enquanto em outras a cor permanece verde, rosa, entre outras cores, ou seja, a cor não significa que a flor está receptiva o que dificulta a determinação. Como forma de determinação, autores descrevem que a receptividade do estigma pode ser avaliada pela presença de um líquido viscoso e brilhante na superfície estigmática (ZHANG, 2015; AJAMGARD et al., 2017), bem como, pela aderência do pólen que pode ser aplicado artificialmente à superfície estigmática (SMITH; ROMBERG, 1940; MADDEN; BROWN, 1973).





Em condições de vento seco, superfícies estigmáticas podem ser rapidamente dessecadas, com períodos efetivos de receptividade consideravelmente reduzidos. Nessas condições, se o estigma receber pólen, as células estigmáticas colapsam e secam após a hidratação e germinação do pólen (WETZSTEIN; SPARKS, 1989), fazendo com que o estigma seja necrosado com coloração escura.


Além da noqueira-pecã ser uma planta monoica, apresenta também dicogamia, apresentando períodos de liberação do pólen distintos da receptividade do estigma. Ou seja, uma mesma cultivar obtém amadurecimento das flores masculinas e femininas em períodos distintos. A dicogamia pode variar entre as cultivares e até mesmo entre locais e anos de cultivo, podendo apresentar dicogamia completa, quando não há sobreposição da liberação do pólen com a receptividade do estigma, ou incompleta, quando há alguma sobreposição (Quadro 4). De acordo com Sparks (1992), geralmente a dicogamia é completa em climas mais frios e muitas vezes incompleta em climas quentes.


Segundo sua dicogamia, as cultivares de noqueira-pecã são classificadas predominantemente em dois grupos, conforme apresentado no Quadro 4 (WETZSTEIN; SPARKS, 1986; HERRERA, 1999). No Grupo I (ou Tipo I), as cultivares possuem tendência de serem protândricas (órgão masculino amadurece e libera o pólen antes do estigma da flor feminina estar receptivo). Enquanto o Grupo II (ou Tipo II), as cultivares têm tendência de serem protogínicas (o estigma da flor feminina está apto para receber o pólen antes que a flor masculina esteja apta a liberar o pólen). No entanto, Stuckey (1916) sugeriu um terceiro grupo, chamado de cultivares flutuantes,

ou seja, cultivares que podem variar entre os anos de avaliação, podendo ser em determinado ano protândrica e em outro protogínica.

Quadro 4 – Formas predominante de dicogamia em noqueira-pecã

Dicogamia	Cultivares de Nogueira-pecã	
	Grupo I - Protândricas	Grupo II - Protogínicas
Completa		
Incompleta		

 = Liberação do pólen (inflorescência estaminada)

 = Estigma receptivo (inflorescência pistilada)

## Desenvolvimento dos frutos

Após a polinização e fertilização do óvulo inicia-se a formação da semente (embrião/amêndoa), que ocorre nas duas a quatro semanas posteriores (MORENO, 2018a). No entanto, o desenvolvimento dos frutos (nozes), que abrange os códigos 70 até o 79 (Quadro 5), passa por duas fases: primeiramente ocorre o crescimento em tamanho (crescimento padrão da cultivar) e, posteriormente, ocorre o preenchimento das nozes (crescimento da amêndoa) (HERRERA, 2005).

O crescimento padrão da cultivar também pode ser dividido em dois períodos: Primeiramente, logo após a polinização, o crescimento da noz é lento – BBCH 70 a 72 (segunda metade de novembro à dezembro) e posteriormente apresenta um período de crescimento mais rápido (final de dezembro a fevereiro/março) até atingir as dimensões padrões da cultivar – BBCH – 73 a 78.

O crescimento das amêndoas (preenchimento das nozes) que normalmente ocorre de final de janeiro a março, também passa por diferentes fases. O mesmo inicia com o endurecimento da casca (da ponta posterior à região ligada a planta) e início do estágio aquoso do endosperma (BBCH 77), até o endurecimento total da casca,

final do estágio aquoso e início do estágio de gel/pastoso (BBCH 78). Nessa fase, embora ocorra aumento das dimensões dos frutos posteriormente, não ocorre aumento expressivo no tamanho das nozes, pois o endurecimento da casca impede esse crescimento (HERRERA, 2005). Esse crescimento é devido ao aumento da espessura da cápsula (epicarpo). No último estágio do desenvolvimento dos frutos as amêndoas passam do estágio de gel/pastoso até o desenvolvimento completo das amêndoas (BBCH 79).

Quadro 5 - Estádios de desenvolvimento dos frutos com o código numérico e a descrição das fases fenológicas propostas para a cultura da noqueira-pecã, baseadas na escala BBCH.

Código	Estádio	Descrição
<b>Estádio de desenvolvimento principal 7: Desenvolvimento dos frutos</b>		
70	Aparecimento de frutos	Primeiros frutos visíveis, estigmas necrosadas começam desaparecer
72	Crescimento lento dos frutos	Frutos começam a crescer
73	Crescimento rápido dos frutos	Início do crescimento rápido das nozes, mas não ocorre o desenvolvimento da parte comestível (amêndoa)
75	50 % do tamanho final dos frutos	Os frutos atingem 50 % do tamanho final (padrão da cultivar)
77	Final do crescimento rápido	Final do crescimento rápido das nozes. Nessa fase ocorre o início do estágio aquoso do endosperma, que mais tarde se torna na amêndoa e também ocorre o início do endurecimento da casca (na ponta da noz)
78	Início do preenchimento das amêndoas	Os frutos atingem as dimensões padrões da cultivar, com toda a casca endurecida. Final do estágio aquoso e início do estágio de gel pastoso
79	Desenvolvimento dos frutos completos	Final do estágio pastoso, com desenvolvimento completo da amêndoa
<b>Estádio de desenvolvimento principal 8: Maturação dos frutos</b>		
81	Início do amadurecimento, 10 % dos frutos com cápsulas (epicarpo) abertas	Ocorre um aumento no volume dos frutos (cápsulas), a cor verde das cápsulas começa a ficar mais clara (verde oliva) e começam a abrir em quatro partes
85	50 % de frutos totalmente maduros (cápsulas abertas)	Cápsulas abrem naturalmente e/ou as nozes são facilmente desprendidas
89	Frutos totalmente maduros	Cápsulas começam a secar, as nozes ficam levemente pendentes para fora da cápsula e as primeiras nozes começam a cair

O estágio de desenvolvimento dos frutos pode ser crucial para a utilização de produtos com potencial de aumentar as dimensões e a qualidade dos mesmos. No entanto, não só a determinação do momento ideal de aplicação, como a utilização de bioestimulantes e doses devem ainda ser elucidados para a noqueira-pecã.

O período exato (data) em que ocorrem cada fase é variável entre as cultivares e entre regiões de cultivo e devem ser monitoradas, uma vez que a definição de cada fase (data ou período) são ferramentas importantes para a tomada de decisão nas atividades que devem ser realizadas no pomar. Segundo Herrera (1999), nessa fase de desenvolvimento ocorre um dreno severo e, às vezes, exaustivo de reservas das folhas e brotos para as nozes. Essa informação é importante sobre o aspecto de manejo dos pomares, uma vez que problemas como a disponibilidade de umidade do solo, plantas com deficiência nutricional, com problemas fitossanitários podem afetar as dimensões finais da noz na primeira fase do desenvolvimento dos frutos.

Na segunda fase pode afetar o desenvolvimento das amêndoas, produzindo nozes chochas ou com amêndoas mal preenchidas. Além disso, segundo Amling; Amling (1983), é justamente nessa fase (mês de agosto no Hemisfério Norte) que ocorre a indução floral das flores femininas (aproximadamente no mês de fevereiro no Hemisfério Sul) e o acúmulo de reservas para o próximo ciclo, ou seja, o manejo inadequado nessa fase de desenvolvimento compromete a produção de nozes com qualidade do ciclo atual, bem como a produção do próximo ciclo. O fornecimento ideal de nutrientes, entre eles o potássio, é fator fundamental para enchimento da amêndoa e muito negligenciado pelos produtores que na maioria das vezes utilizam esse nutriente somente no início do ciclo.

O fruto da noqueira-pecã é a noz-pecã, classificada como uma drupa seca (fruto seco oleaginoso). A noz-pecã está inserida numa cápsula (epicarpo) carnosa de coloração verde que se abre em quatro partes quando maduro (Figura 2A). A amêndoa (parte comestível) está envolvida por uma casca lisa, dura e lignificada, de coloração castanho-acinzentada com manchas longitudinais escuras (Figura 2B). O formato, tamanho e coloração da noz-pecã é variável entre as cultivares. A amêndoa (Figura 2C), que é a parte comestível, apresenta-se na forma de dois septos até dois terços do seu comprimento, sendo a parte final unida e onde o embrião permanece (SPARKS, 1992).

A maturação dos frutos (código 81 a 89, Quadro 5) acontece aproximadamente de seis a sete meses posterior ao florescimento. Para esse estágio

de desenvolvimento, considerou-se frutos maduros quando a cápsula, de coloração verde que envolve a noz, começa a abrir em quatro partes (Figura 2A). Para tal, três estádios foram propostos: BBCH 81 – início do amadurecimento, quando 10 % dos frutos apresentam cápsulas abertas; BBCH 85 – quando 50 % dos frutos apresentam cápsulas abertas; e BBCH 89 – quando as cápsulas começam a secar e as nozes ficam levemente pendentes para fora da cápsula e as primeiras nozes começam a cair. Foram observados variações do período de amadurecimento entre as cultivares mas, de modo geral, podem iniciar a fase no mês de março até o mês de junho, dependendo também da região de cultivo.

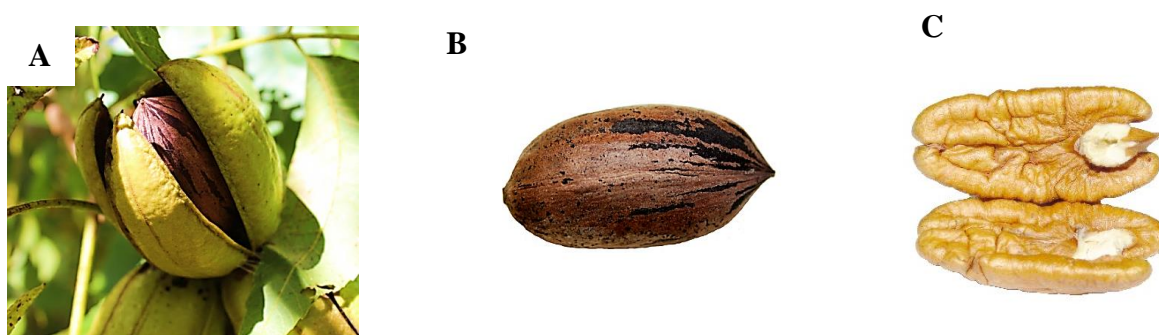


Figura 2 - Abertura da cápsula quando a noz-pecã está madura (A); Coloração e manchas longitudinais escuras na casca lisa e lignificada (B) que envolve a parte comestível - amêndoa (C).

É importante destacar que a cultura da nogueira-pecã possui naturalmente característica de alternância de produção, ou seja, geralmente um ciclo de elevada produção seguido por outro de baixa ou nula. Embora a alternância de produção seja comum na maioria das espécies frutíferas, na nogueira-pecã é ainda mais significativo, principalmente por dois motivos: Primeiro, por possuir o amadurecimento dos frutos no final do ciclo, pouco antes da senescência das folhas, o que faz com que a planta não tenha muito tempo para o armazenamento de reservas (carboidratos) necessário para a produção de flores e frutos para o próximo ciclo. Por isso, é importante manter as folhas ativas, bem nutridas e livres de doenças até aproximadamente final de maio, mesmo após a colheita dos frutos. O segundo, de acordo com Moreno (2018a), a amêndoa possui 70 % de óleo e para cada grama de óleo é necessário nove calorias, pouco mais que o dobro de energia necessária para produzir uma grama de açúcar (cada grama de açúcar tem quatro calorias), ou seja,

em uma colheita grande ocorre um grande desgaste na planta, influenciando diretamente no próximo ciclo quando as plantas não são manejadas adequadamente.

### Início da dormência

A noqueira-pecã é uma espécie característica de clima temperado, passando por um período de dormência vegetativa durante o inverno. Esse mecanismo adaptativo permite que as plantas sobrevivam a baixas temperaturas hibernais e, posteriormente iniciem um novo ciclo de crescimento (HAWERROTH et al., 2010). Para tanto, após à maturação dos frutos, ocorre o início da dormência (Quadro 6) com o amarelecimento das folhas e, em seguida, a senescência (queda) das mesmas. Nesse estágio, foram propostas três fases: BBCH 93 – início da descoloração das folhas e posterior queda; BBCH 95 – com 50 % de queda das folhas e; BBCH 99 – com 100 % de queda das folhas.

Quadro 6 – Estádios de início da dormência com o código numérico e a descrição das fases fenológicas propostas para a cultura da noqueira-pecã, baseadas na escala BBCH.

Código	Estádio	Descrição
<b>Estádio de desenvolvimento principal 9: Início da dormência</b>		
93	Início de descoloração e de queda das folhas	Estes estádios começam com o amarelecimento das folhas e posteriormente a sua queda
95	50 % das folhas caídas	
99	Fim da queda de folhas	Todas as folhas caídas

Normalmente, se recomenda a manutenção de folhas fotossinteticamente ativas (bem nutridas, livres de pragas e doenças) até final do mês de maio, para que a planta acumule reservas. Posterior essa data, deve-se promover a derrubada das folhas utilizando ureia, calda sulfocálcica, entre outros, em pulverização foliar.

De acordo com o intervalo de tempo, ou seja, a velocidade em que acontece cada estágio de desenvolvimento, foram também sugeridas observações que variam de intervalos de dois dias no período de floração a uma vez por mês no período de dormência (Quadro 7). Esses intervalos são importantes de serem seguidos, principalmente no período de desenvolvimento reprodutivo em que as mudanças ocorrem rapidamente.



Quadro 7 - Períodos de observações fenológicas sugeridos de acordo com o estágio fenológico.

Estádio	Descrição	Cronograma	Mês do ano**
00 - 09	Período que compreende as gemas dormentes, gemas inchadas até gemas abertas	Do estágio 99 ao 00 observar a cada 30 dias.	Maio a agosto/setembro
		A partir de gemas inchadas observar a cada 3-5 dias	Agosto a outubro
11 - 19 *101 - 109	Desenvolvimento de folhas, com as primeiras folhas separadas até todas as folhas abertas e maduras	Observar a cada 3-5 dias	Setembro a dezembro
31 - 39 *301 - 309	Desenvolvimento de brotos, com os eixos dos brotos visíveis até seu desenvolvimento em comprimento final		Dezembro a abril*
51E - 59E; 51P - 59P	Surgimento das inflorescências (estaminadas - E e pistiladas - P) até seu tamanho final conforme a cultivar	Observar a cada 2 dias	Setembro a outubro/novembro
60E - 69E; 60P - 69P	Floração que compreende desde a primeira antera aberta (E) e o primeiro estigma receptivo (P) até que os amentos (E) sequem e os estigmas (P) ficam escuros/necrosados		Setembro a novembro
70 - 79	Desenvolvimento dos frutos – período posterior a floração até o crescimento padrão da cultivar	Observar a cada 7 dias	Novembro a março
81 - 89	Maduração dos frutos – período com o desenvolvimento do embrião completo, descoloração e abertura da cápsula até o início de queda de frutos	Observar a cada 3-5 dias	Março a junho
93 - 99	Início da dormência, com início da descoloração foliar até o final de senescência	Observar a cada 15 dias	Maio a junho

Onde: \*Representar o segundo período de desenvolvimento do ciclo - acrescenta-se um zero (0) entre o algarismo do código principal e o algarismo do código secundário; \*\*Baseados em dados médios, pode variar entre regiões, cultivares e entre os anos de observação; E = Estames; P = Pistilos.

### **Escala fenológica ilustrativa**

Com base nas informações da escala descritiva e melhor detalhada, elaborou-se uma escala ilustrativa e simplificada, com imagens das modificações morfológicas externas da planta dos principais estádios fenológicos, de modo a facilitar a identificação e auxiliar no reconhecimento dos principais estádios fenológicos da cultura, sendo propostos 22 estádios (Figura 3).

## ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DA NOGUEIRA-PECÃ – ESCALA BBCH

Adaptado de escala BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt e CHemische Industrie)



**Estádio BBCH 00** - Gema dormente



**Estádio BBCH 01** – Gema inchada



**Estádio BBCH 07** – Início da brotação



**Estádio BBCH 09** – Gema aberta



**Estádio BBCH 11 (101)** - Primeiras folhas visíveis



**Estádio BBCH 17 (107)** - Todas as folhas abertas



**Estádio BBCH 31 (301)** - Brotos em crescimento inicial



**Estádio BBCH 38 (308)** - Brotos lignificados



**Estádio BBCH 51 (E)** – Surgimento das inflorescências estaminadas (Masculina)



**Estádio BBCH 51 (P)** – Surgimento das inflorescências pistiladas (Femininas)



 <p><b>Estádio BBCH 60 (E)</b> – Início da floração (1% das flores masculinas abertas)</p> <p><b>Estádio BBCH 65 (E)</b> – Plena floração (50% das flores masculinas abertas)</p>	 <p><b>Estádio BBCH 60 (P)</b> – Início da floração (1% das flores femininas com estigma receptivo)</p> <p><b>Estádio BBCH 65 (P)</b> – Plena floração (50% das flores femininas com estigma receptivo)</p>	 <p><b>Estádio BBCH 69 (E)</b> – Fim da floração (amentos secam e caem)</p>
 <p><b>Estádio BBCH 69 (P)</b> – Fim da floração (estigmas ficam necrosados com coloração escura – frutos visíveis)</p>	 <p><b>Estádio BBCH 72</b> – Crescimento lento do fruto</p>	 <p><b>Estádio BBCH 73</b> - Crescimento rápido do fruto</p>
 <p><b>Estádio BBCH 77</b> - Final do crescimento rápido (Início do estágio de água)</p>	 <p><b>Estádio BBCH 78</b> - O fruto está no tamanho padrão da cultivar (Início do preenchimento das amêndoas - estágio de gel pastos)</p>	 <p><b>Estádio BBCH 79</b> - Desenvolvimento dos frutos completos (amêndoa formada)</p>
 <p><b>Estádio BBCH 85</b> - 50% dos frutos maduros (Cápsula rachada/aberta)</p>	 <p><b>Estádio BBCH 89</b> - Frutos totalmente maduros</p>	 <p><b>Estádio BBCH 95</b> – Folhas descoloridas e início da queda</p>

Figura 3 - Estádios fenológicos da noqueira-pecã – Escala ilustrativa BBCH

## **Ciclo fenológico da cultivar Barton**

No Brasil, a principal cultivar implantada é a Barton, com isso foi escolhida para ser aplicada a escala completa durante todo o ciclo fenológico da mesma. A Figura 4 representa os diferentes estádios de desenvolvimento nos respectivos meses do ano, onde foi utilizado a escala BBCH proposta neste trabalho.

O completo desenvolvimento das gemas da cultivar Barton normalmente se dá a partir do final do mês de agosto, quando as gemas incham (BBCH 00-09), resultado da hidratação, estendendo-se até setembro e meados de outubro, quando inicia a brotação. O desenvolvimento das folhas (BBCH 11-19) e brotos (BBCH 31-39) ocorrem desde o final de setembro e se estende até meados de março/abril. É importante destacar que no Brasil ocorrem dois surtos de brotação, o primeiro no final de setembro e início de outubro e, o segundo, inicia em novembro/dezembro e vai até meados de março/abril.

Entre os meses de outubro e novembro ocorre o surgimento das inflorescências (BBCH 51-59) e a floração (BBCH 60-69). Logo após este último estágio ocorre o desenvolvimento dos frutos (BBCH 70-79), com crescimento lento até meados de dezembro e rápido até fevereiro/março, sendo, nesse período, determinado o tamanho final das nozes de acordo com o padrão da cultivar. Na sequência (meados de fevereiro a março) ocorre o preenchimento das amêndoas.

Entre o final do mês de março e o mês de abril inicia o amadurecimento dos frutos (BBCH 81-89) que pode se estender até o mês de maio. No final do mês de maio até junho ocorre o início da dormência (BBCH 93-99) até a completa senescência das folhas.

São necessários aproximadamente sete meses, desde o inchamento das gemas até a colheita dos frutos e aproximadamente nove meses para o ciclo completar, desde o inchamento das gemas até a senescência das folhas. Ou seja, a noqueira-pecã é uma cultura com ciclo anual relativamente longo e que requer maiores cuidados e tratamentos culturais e de manejo do pomar por parte do pecanicultor, em relação a outras frutíferas mais tradicionais.

Embora os momentos de indução e de diferenciação das flores pistiladas não tenham sido determinados nesse trabalho, estima-se que os mesmos ocorrem no Brasil aproximadamente no mês de fevereiro e agosto/setembro respectivamente, uma vez que não foram encontrados estudos da indução e diferenciação floral no

Hemisfério Sul para a noqueira-pecã. Esse dado está baseado em estudos de Woodroof; Woodroof (1926); Amling; Amling (1983) e Wetzstein; Sparks (1983), no Hemisfério Norte, que segundo os autores ocorre em agosto - indução e fevereiro/março – diferenciação.

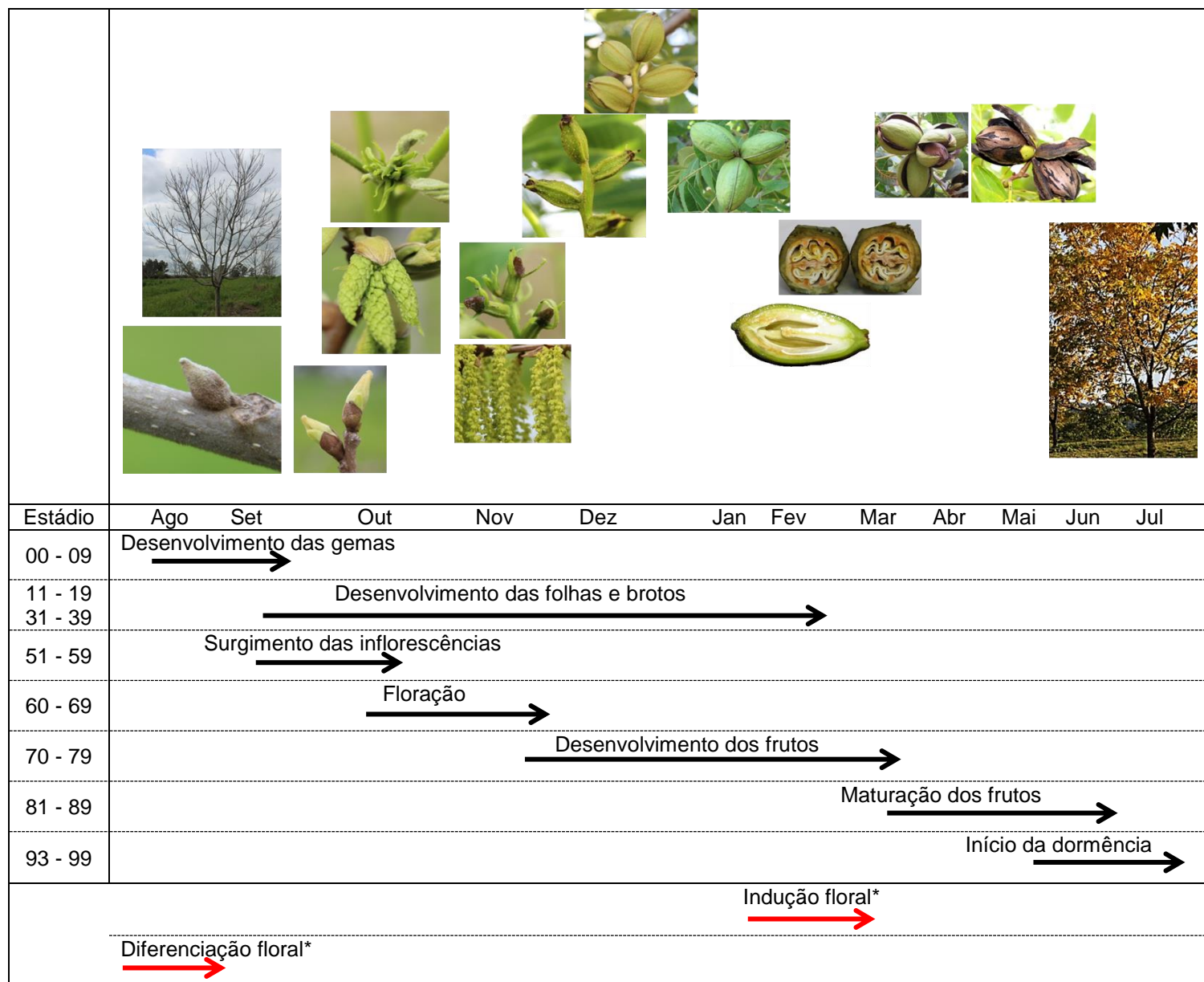


Figura 4 – Esquema representativo proposto para o ciclo fenológico da cultivar Barton. Representação por seta para cada um dos diferentes estádios de desenvolvimento nos respectivos meses do ano. \*Informações de Woodroof; Woodroof (1926); Amling; Amling (1983), Wetzstein; Sparks (1983).

Diante disso, são necessários trabalhos básicos para obtenção dessas importantes informações sobre as modificações químicas, fisiológicas e morfológicas



das gemas, de forma a auxiliar no manejo da cultura, a exemplo da indução floral, que é o processo pelo qual estímulos ambientais e hormonais induzem alterações fisiológicas que levam ao início dos primórdios e diferenciação das flores (BARBOSA et al., 1990; FADÓN et al., 2015). A indução floral é o primeiro evento que indica a transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva e esse processo ocorre sem modificações morfológicas visíveis (BERNIER, 1988). Quando a indução das flores começa, o processo não pode mais ser revertido, embora possa ser prejudicado quando a planta estiver sujeita a fatores de estresse (SAMACH; SMITH, 2013).

Após a indução floral inicia-se o processo de diferenciação floral, caracterizado por apresentar as primeiras alterações morfológicas no meristema, formando irreversivelmente uma flor (ENGİN; ÜNAL, 2007; BARBOSA et al., 1990; LI et al., 2010). E por fim, ocorre o desenvolvimento da gema floral e, posteriormente, o surgimento das flores, onde é possível ser observado visualmente suas estruturas morfológicas.

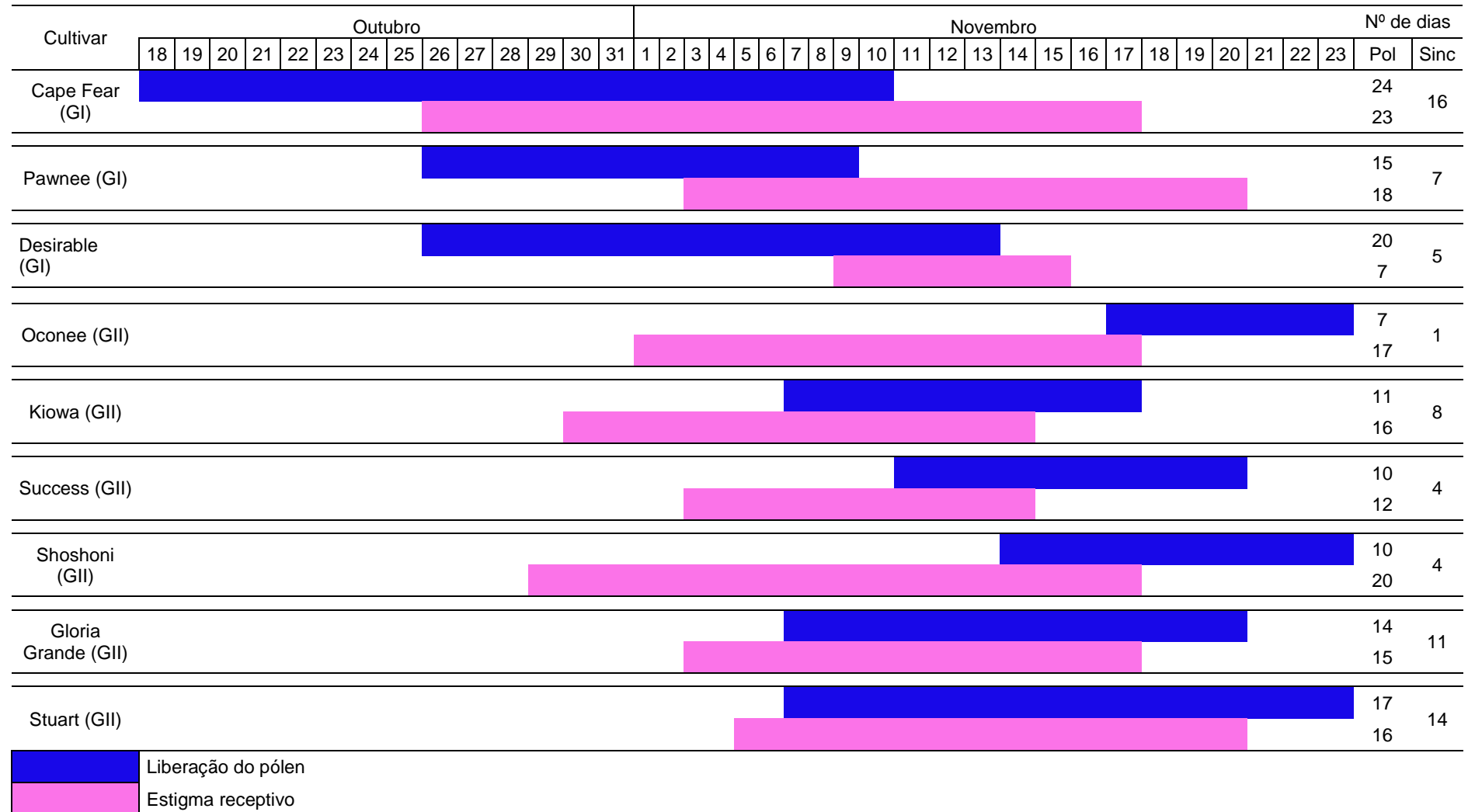
### **Tabela de polinização**

No ano de 2017 (ciclo 2017/2018) foi analisado o período de receptividade do estigma e de liberação do pólen de nove cultivares no Departamento de Canelones, Uruguai (Cape Fear, Pawnee, Desirable, Oconee, Kiowa, Success, Shoshoni, Gloria Grande e Stuart) (Tabela 2). No ano de 2018 (ciclo 2018/2019), foi analisado em quatro cultivares (Barton, Melhorada, Jackson e Success) (Tabela 3) em um pomar de Canguçu, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

De modo geral, é possível observar nas Tabelas 2 e 3 que a polinização da noqueira-pecã, nos anos de 2017 e 2018, se concentraram nos meses de outubro e novembro. Outro resultado que permite comparar as duas regiões, em cada uma das cultivares estudadas, é a presença de dicogamia incompleta, ou seja, todas as cultivares obtiveram períodos de floração das inflorescências masculinas e femininas diferentes, mas pelo menos com um período de sobreposição de liberação do pólen com a receptividade do estigma.

Das cultivares estudadas, somente Cape Fear, Pawnee, Desirable (no Uruguai – Tabela 2) e a Success (no Brasil – Tabela 3) apresentaram-se como protândricas (com liberação do pólen antes da receptividade do estigma), sendo as demais protogínicas (estigma receptivo antes da liberação do pólen).

Tabela 2. Dados referentes ao período de polinização para cada uma das cultivares de noqueira-pecã avaliadas no INIA – Las Brujas, Departamento de Canelones, Uruguai, no ano de 2017.



Onde: GI – Cultivar protândrica; GII – Cultivar Protogínica; Pol – Polinização; Sinc – Sincronização da polinização



Tabela 3. Dados referentes ao período de polinização para cada uma cultivares de noqueira-pecã avaliadas no município de Canguçu-RS, Brasil, no ano de 2018.

Cultivar	Outubro							Novembro																	Nº de dias			
	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Pol	Sinc		
Barton (GII)																									13	11		
																									14			
Melhorada (GII)																									11	9		
																									12			
Jackson (GII)																									12	5		
																									15			
Success (GI)																									12	9		
																									11			
	Liberação do pólen																											
	Estigma receptivo																											

Onde: GI – Cultivar protândrica; GII – Cultivar Protogínica; Pol – Polinização; Sinc – Sincronização da polinização

Na Tabela 4 observa-se que a cultivar Oconee está registrada no Banco de dados da University of Georgia (Pecan Breeding) como protândrica, enquanto foi observado no Uruguai como protogínica. O mesmo ocorre para a cultivar Success, que na Georgia (EUA), Cachoeira do Sul e em Canguçu (Brasil) foi caracterizada como protândrica e, no Uruguai, protogínica.

Tabela 4 – Tipo de dicogamia de cultivares de noqueira-pecã em diferentes locais

Cultivar	Georgia*	Cachoeira do Sul**		Uruguai	Canguçu
	EUA	2016	2017	2017	2018
Cape Fear	Protândrica	Protândrica	Protândrica	Protândrica	-
Pawnee	Protândrica	-	-	Protândrica	-
Desirable	Protândrica	Protândrica	Protândrica	Protândrica	-
Oconee	Protândrica	-	-	Protogínica	-
Kiowa	Protogínica	-	-	Protogínica	-
Success	Protândrica	Protândrica	Protândrica	Protogínica	Protândrica
Shoshoni	Protogínica	-	-	Protogínica	-
Gloria Grande	Protogínica	-	-	Protogínica	-
Stuart	Protogínica	-	-	Protogínica	-
Barton	Protogínica	Protândrica	Protândrica	-	Protogínica
Melhorada	-	Protogínica	Protogínica	-	Protogínica
Jackson	Protândrica	Protogínica	Protândrica	-	Protogínica

Onde: \*Banco de dados da University of Georgia (Pecan Breeding); \*\*Hamann (2018); (-) Dados de polinização não encontrados para a cultivar e local.

A cultivar Barton é classificada como protândrica (THOMPSON; CONNER, 2012), sendo também observada em Cachoeira do Sul segundo Hamann (2018) nos anos de 2016 e 2017. No entanto, na Georgia e em Canguçu essa cultivar é definida como protogínica.

A cultivar Jackson na Georgia e em Cachoeira do Sul no ano de 2017 é definida como protândrica, enquanto em Cachoeira do Sul no ano de 2016 e em Canguçu em 2018 apresentou-se como protogínica.

Dessa forma, conclui-se que algumas cultivares são mais propensas as mudanças e tendem alterar de dicogamia. Além disso, Stuckey (1916) já havia sugerido, além do grupo de cultivares protândricas e protogínicas, um terceiro grupo de cultivares que possuem tendência a serem protândricas em um ano e protogínicas em outro e denominou essas de cultivares flutuantes.

Em Canguçu (Tabela 3), as cultivares consideradas produtoras ou principais, ou seja, de maior proporção no pomar, são a Melhorada e a Barton, sendo Jackson e Success consideradas polinizadoras (menor proporção no pomar). Se analisarmos a cultivar Barton, as demais cultivares fornecem pólen durante todo o período em que as inflorescências femininas estão receptivas. Enquanto, para a cultivar Melhorada, os três dias iniciais da receptividade do estigma não tem pólen disponível. Nesse caso, seria necessário a introdução de uma cultivar com liberação de pólen mais precoce, de forma que todas as inflorescências femininas possam ser polinizadas nessa cultivar.

As informações referentes a floração das cultivares de noqueira-pecã implantadas no Hemisfério Sul, especialmente no Brasil, são ainda incipientes e requerem o acompanhamento de vários anos para se estabelecer padrões de floração. Esse tipo de informação é extremamente fundamental para o planejamento de implantação de pomares, uma vez que a noqueira-pecã é uma espécie alógama (BURNS; HONKALA, 1990), ou seja, requer preferencialmente polinização cruzada entre diferentes cultivares. Embora ocorra a autofecundação na espécie, são relatadas algumas desvantagens, como maior queda prematura de nozes e nozes menores ou de menor qualidade (ROHLA, 2016; ANCHONDO, 2019).

Conforme observado nesse estudo e, de acordo com informações da literatura (ADRIANCE, 1931; SPARKS, 1992; GRAUKE; THOMPSON, 1996), as cultivares de noqueira-pecã não florescem em sequência idêntica em todos os anos e podem sofrer alterações conforme a idade e o vigor da planta, e entre os anos e locais distintos de cultivo. Sparks (1992) e Wood (1997), atribuem esse acontecimento à irregularidade do inverno, onde anos mais quentes resultam em florescimento mais cedo do que nos anos mais frios, sendo que temperaturas mais altas podem influenciar a brotação das plantas e a ordem de maturação das inflorescências estaminadas e pistiladas.

Segundo Grauke; Thompson (1996), os padrões de floração variam entre os anos, em função das datas de divisão das escamas internas das gemas, da liberação do pólen e da receptividade do estigma, que estão relacionadas ao acúmulo sazonal de graus-dia. Nesse contexto, Adriance (1931) relata que durante a primavera as condições climáticas também influenciam o período de

maturação das inflorescências da noqueira-pecã. Sendo que nesse período, temperatura e umidade relativa elevada favorecem a maturação das inflorescências estaminadas. Em contraste, períodos mais secos e frios, antecipam a maturação das inflorescências pistiladas. Han et al. (2018) descrevem também que durante o período de polinização ventos fortes e baixa umidade relativa do ar podem encurtar o período de liberação de pólen e de receptividade do estigma. Conhecendo esses fatores que influenciam a floração, o produtor pode utilizar técnicas que antecipam e sincronizam a brotação e floração de diferentes cultivares, por meio do uso de produtos que podem ser utilizados em diferentes datas de aplicação e em diferentes partes do pomar, de forma a garantir maior “janela” polinização.

Como observado neste estudo, duas cultivares podem ter padrões alterados de sobreposição de floração em diferentes anos de acordo com suas próprias exigências genéticas/ambientais. Portanto, a escolha de cultivares a serem implantadas em um pomar devem basear-se nas observações realizadas ao longo de vários anos e, preferencialmente, em plantas próximas do local proposto para a implantação, optando-se por implantar na área três ou mais cultivares de forma a assegurar a polinização cruzada (CONNER, 2012; ROHLA, 2016). Além disso, Wells (2017) considera que a sobreposição de polinização entre duas cultivares deva ser de pelo menos 50 %, ou seja, se a receptividade do estigma for de 10 dias, em pelo menos 5 dias a mesma deve estar recebendo pólen de outra cultivar. Dessa forma, os resultados apresentados nas Tabelas 2 e 3 devem ser considerados preliminares, sugerindo complementação a partir de maior tempo de monitoramento para cada cultivar e local.

Relacionado a isso, o período, em dias, que a liberação do pólen e a receptividade do estigma ocorrem em cada cultivar é bastante variável. Na Tabela 2 é possível observar, por exemplo, que para a cultivar Oconee a liberação do pólen foi de sete dias, enquanto para a Cape Fear foi de 24 dias. Outro ponto importante a destacar é o período de sincronização de polinização de cada cultivar (Tabela 2 e 3). Embora já relatado nesse estudo, que todas as cultivares estudadas apresentaram dicogamia incompleta, ocorreram grandes diferenças de sincronização de polinização (na mesma cultivar) variando de um dia para a cultivar Oconee e alcançando até 16 dias para a Cape Fear. Embora

não se deseja que ocorra a autopolinização na noqueira-pecã, é possível inferir que as cultivares apresentam diferentes potências para a autopolinização.

Com base nesse resultado, e se considerarmos uma planta de 'Cape Fear' cultivada isoladamente, sem receber pólen de outra cultivar, a mesma tem potencial de ter uma boa quantidade de frutos, pois em 16 dias que as inflorescências femininas estão receptivas, tem seu próprio pólen disponível. Entretanto, uma planta de 'Oconee' também cultivada isoladamente, possivelmente apresente produção muito baixa ou nem apresente, pois apenas um dia terá pólen disponível durante o período de receptividade do estigma. Com isso, se destaca a importância do conhecimento do período de polinização de cada cultivar de forma que a escolha de cultivares e a implantação de pelo menos três cultivares assegure o mínimo de polinização cruzada necessária para uma boa produção.

#### **5.4 Conclusões**

A Adaptação da escala fenológica elaborada pela BBCH fornece uma abordagem precisa e simplificada para identificar os principais estádios de desenvolvimento da noqueira-pecã.

Tanto a escala descritiva como a ilustrativa apresentam aplicabilidade, pois permitem reconhecer facilmente os estádios fenológicos na noqueira-pecã.

Todas as cultivares de noqueira-pecã estudadas apresentam dicogamia incompleta, mas com períodos de sincronização distintos.

## **6. CAPÍTULO II**

### **Influência da polinização cruzada e da autopolinização na produção de frutos de noqueira-pecã**

#### **6.1 Introdução**

A noqueira-pecã é considerada uma planta alógama (com polinização preferencialmente cruzada) com forte tendência à dicogamia, ou seja, a produção, viabilidade e dispersão do pólen da flor estaminada não coincidem, totalmente (dicogamia completa) ou parcialmente (dicogamia incompleta) com a receptividade da flor pistilada (BURNS; HONKALA, 1990; SPARKS, 1992; HERRERA, 1999).

Embora naturalmente ocorra autopolinização na noqueira-pecã, frutos originados da polinização cruzada são geralmente maiores e de melhor qualidade do que aqueles decorrentes da autopolinização (ANCHONDO, 2019). Além disso, essa espécie frutífera também exhibe “efeito xenia” (ROMBERG; SMITH, 1946), que é o efeito do pólen no desenvolvimento do endosperma e embrião (tecidos de sementes) ou o efeito do pólen nos tecidos de frutos. Ou seja, o “efeito xenia” é o resultado nas características dos frutos em função da cultivar fornecedora de pólen (DENNY, 1992; MELLIZO et al., 2012; OLFATI et al., 2010; ZHANG et al., 2016). Esse efeito pode ser usado para identificar o melhor progenitor masculino, que uma vez entendido, pode ser utilizado na melhoria da qualidade de frutos.

Esse fenômeno foi encontrado em várias culturas incluindo amendoeira (KUMAR; DAS, 1996), pecaneira (ROMBERG; SMITH, 1946; MARQUARD, 1988; WANG et al., 2010), pepineiro (OLFATI et al., 2010), tamareira (SHAFIQUE et al., 2011), castanheira (WANG et al., 2012), aveleira (FATTAHI et al., 2014), oliveira (SHEMER et al., 2014), macieira (MILITARU et al., 2015) e videira (SABIR, 2015). Esses estudos revelaram a existência de efeitos positivos e negativos sobre características dos frutos devido ao efeito do pólen, ficando claro o “efeito xenia” e parecendo ser bastante comum entre frutíferas, mas ainda pouco estudadas, principalmente com as cultivares de noqueira-pecã.

Algumas pesquisas apontam a importância da implantação de pelo menos três cultivares polinizadoras de noqueira-pecã num mesmo pomar para assegurar a polinização cruzada, que proporcionará maior produção e qualidade de fruto, já que a autopolinização apresenta nozes pequenas e de menor qualidade (CONNER, 2012; WELLS, 2017). No entanto, a recomendação na maioria das vezes é baseada em critérios técnicos, como a sincronização da polinização com a cultivar de interesse, resistência a pragas e doenças, qualidade de seus frutos, entre outros. Porém, esses estudos não apontam nada sob o potencial de melhoria de rendimento dos frutos em função da origem do pólen.

Assim, além da implantação de pelo menos três cultivares polinizadoras com sincronização de polinização com a cultivar principal de noqueira-pecã, a fim de garantir polinização cruzada que habitualmente é recomendado, também se deve dar atenção para cultivares com potencial de fornecer pólen e melhorar a qualidade dos frutos. Nesse contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito do pólen de diferentes cultivares nas dimensões e rendimentos de frutos das cultivares Kiowa e Barton.

## **6.2 Material e Métodos**

Para o trabalho da polinização foram realizados dois experimentos, com duas cultivares e com diferentes tratamentos de polinização (pólenes de diferentes cultivares) para avaliar o efeito que o pólen exerce nas dimensões e rendimento de frutos.

No primeiro experimento foi utilizado a cultivar Kiowa, implantada no ano de 2010, com espaçamento de 10 x 10 m, a qual faz parte da coleção de noqueira-pecã (que consta com 18 cultivares) da estação experimental "Wilson Ferreira Aldunate", INIA – Las Brujas (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), no Departamento de Canelones, Uruguai (34°40'15"S e 56°20'27"O). Essa cultivar foi escolhida por demonstrar boa adaptação e qualidade dos frutos em condições edafoclimáticas uruguaias. O experimento foi conduzido durante o ciclo 2017/2018.

No segundo experimento foi utilizado a cultivar Barton, principal cultivar implantada no Brasil. Esse trabalho foi realizado em um pomar no Município de Canguçu, no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil (31°28'08"S e 52°41'55"O), durante o ciclo 2018/2019. Este pomar foi implantado no ano de 2009 no espaçamento de 10 x 10 m.

Para compor os tratamentos de polinização foram utilizados seis tratamentos em cada uma das cultivares (Kiowa e Barton):

1. Sem polinização - as inflorescências pistiladas não receberam pólen e esse tratamento foi utilizado somente para verificar a eficiência das embalagens para o isolamento das mesmas e monitorar a queda dos frutos;
2. Polinização natural - nesse tratamento não se manipulou a polinização, somente se identificou as inflorescências para avaliação;

Para a polinização controlada as inflorescências foram isoladas e polinizadas com pólenes de diferentes cultivares:

3. Autopolinização – inflorescências pistiladas da cultivar Kiowa e da Barton foram polinizadas a partir de seus próprios pólenes;
4. A cultivar Kiowa foi polinizada com pólen da 'Cape Fear' e a 'Barton' com pólen da 'Melhorada';
5. A cultivar Kiowa foi polinizada com pólen da 'Pawnee' e a 'Barton' com pólen da 'Jackson';
6. A cultivar Kiowa foi polinizada com pólen da 'Desirable' e a 'Barton' com pólen da 'Success'.

Os tratamentos foram aplicados em cinco plantas de 'Kiowa' e cinco de 'Barton', sendo que em cada planta o tratamento de polinização foi replicado quatro vezes, ou seja, quatro inflorescências pistiladas receberam o mesmo tratamento por planta, totalizando 20 repetições.

Foi necessário realizar o isolamento das inflorescências pistiladas (racimos), pelo empacotamento, para evitar que o pólen dispersado pelo vento entrasse em contato com os estigmas (exceto o tratamento de polinização natural). Para isso, antes da receptividade do estigma, as inflorescências femininas foram ensacadas, utilizando-se embalagens com 20 cm de comprimento. Na cultivar Kiowa utilizou-se tripa de colágeno com 7 cm de diâmetro (Figura 1A) e para a Barton tripa de celofane com 4 cm de diâmetro



(Figura 1B). Na base do racimo foi enrolado um pedaço (chumaço) de algodão (Figura 1C) e, então as embalagens foram amarradas com arame. A maioria das pequenas folhas próximas a base do racimo também foram ensacadas, permitindo suporte as embalagens.



Figura 1 – Tripa de colágeno (A), tripa de celofane (B), chumaço de algodão (C), pólen coletado (D) e seringa utilizada para polinização (E).

Os pólenes, de cada um dos tratamentos, foram coletados de inflorescências estaminadas (amentos) no início da abertura dos sacos polínicos

e condicionados em sacos de papel sob lâmpada incandescente para que o pólen fosse facilmente liberado. O pólen liberado (Figura 1D) foi então recolhido, peneirado e acondicionado em tubos Eppendorf e armazenado em freezer a -14 °C até o momento da polinização. Durante o período de liberação do pólen, o mesmo foi coletado a cada dois dias, sempre utilizando o pólen mais recentemente coletado para realizar a polinização.

A polinização foi realizada quando os estigmas apresentavam presença do fluido estigmático sobre a superfície, com aspecto brilhoso. As polinizações foram realizadas sem remover as embalagens, por meio de uma seringa que continha uma agulha hipodérmica. A agulha estava acoplada a uma pera de goma por meio de um tubo de vidro com uma volta em espiral (onde continha o pólen) (Figura 1E). A agulha foi inserida através do algodão e direcionada aos estigmas, no qual o pólen foi soprado por pressão aplicado à pera de goma. A cada dois dias todas as inflorescências foram polinizadas novamente, de modo a certificar-se que todas as flores recebessem pólen quando receptivas. Isso foi repetido até o final do período de receptividade do estigma, quando os mesmos ficaram sem brilho e necrosados (com coloração escura).

Assim que as superfícies estigmáticas apresentaram coloração escura, indicando o final da receptividade, retirou-se as embalagens e obteve-se o registro do número de nozes por racimo. Mensalmente, foram contabilizados o número médio de nozes por racimo até o período da colheita.

Quando a cápsula (epicarpo) que envolve a noz abriu, indicando que as nozes estavam fisiologicamente maduras, foi realizada a colheita. Posteriormente à colheita, as nozes foram secas em estufa de circulação de ar com temperatura de 32 °C ( $\pm 2$  °C) até atingir aproximadamente 4 % de umidade, determinada com auxílio de medidor portátil Dickey-John M-3G.

Para a determinação das dimensões e rendimento das amêndoas, foram selecionados aleatoriamente 20 frutos (nozes) de cada tratamento, sendo considerada cada fruto uma repetição. As dimensões de comprimento e largura dos frutos, o comprimento, largura e altura das amêndoas e a espessura da casca foram mensuradas utilizando paquímetro digital. Para a massa do fruto, amêndoa e casca foi utilizada balança digital com precisão de duas casas

decimais. Além disso, estimou-se a quantidade de nozes para atingir um quilograma.

Também foi calculado o percentual de acréscimo ou redução com uso dos tratamentos (pólen de diferentes cultivares) em relação ao tratamento de autopolinização.

Para atender aos pressupostos da análise de variância, realizaram-se os testes de normalidade e homogeneidade das variâncias, pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Posteriormente os dados provenientes das avaliações foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade de erro, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2016).

### **6.3 Resultados e discussão**

No tratamento em que as inflorescências não receberam pólen (Sem polinização) a queda dos frutos foi mais acentuada que nos demais tratamentos, chegando a cair totalmente com aproximadamente um mês após o período de polinização (Figura 2). Isso nos permite afirmar que as inflorescências foram isoladas de forma eficiente, impedindo a polinização natural. Díaz (2019) descreve que, na noqueira-pecã, a queda natural de frutos ocorre em três épocas mais pronunciadas, sendo que a primeira acontece no início do desenvolvimento das flores pistiladas, devido à ausência de polinização e a escassa quantidade de reservas na planta. A segunda ocorre entre cinco e seis semanas após a polinização e se deve a problemas provenientes da polinização, devido ao desenvolvimento inadequado de endosperma ou devido a não fertilização do óvulo. O terceiro evento de queda de frutos, acontece antes do endurecimento da casca dos frutos, devido ao abortamento do embrião, que pode ser estimulada por estresse hídrico ou térmico ou por danos por insetos. Durante todo o período do desenvolvimento dos frutos, diferentes tipos de estresses podem afetar os processos de fertilização e formação dos frutos, responsáveis pela queda. Dessa forma, é possível observar na Figura 2 que houve queda em todo o período, mas a segunda queda (entre cinco e seis semanas) foi a mais acentuada.

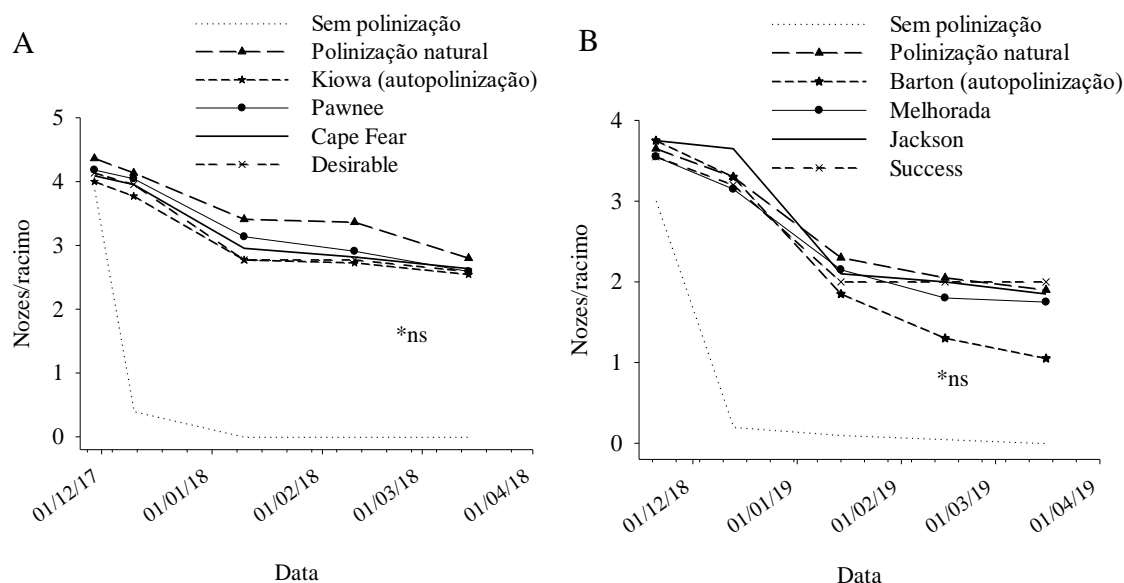


Figura 2 – Número médio de nozes por racimo em diferentes tratamentos de polinização (pólen de diferentes cultivares) e datas de avaliação para o experimento conduzido no Uruguai – A (cultivar Kiowa) e no Brasil - B (cultivar Barton). \*ns = não significativo estatisticamente a 5 % de probabilidade de erro pelo teste de Tukey.

Observa-se que nas cultivares em que foram utilizados os tratamentos de polinização apresentaram em média 4,1 (Kiowa) e 3,5 (Barton) nozes por racimo, mas foram reduzindo com o passar do tempo em função da abscisão (Figuras 2A e B). No período de colheita o número médio geral para a cultivar Kiowa foi de 2,6 nozes por racimo (Figura 2A), enquanto para a Barton foi de 1,7 nozes (Figura 2B). Os resultados demonstram que a queda de frutos ocorre naturalmente podendo ser devido a vários fatores, como a presença de insetos, doenças, nível nutricional das plantas, ausência de polinização, da cultivar, temperatura e déficit hídrico, entre outros (SPARKS, 1992; WOOD et al., 2010; WELLS, 2017).

Os tratamentos com pólen de diferentes cultivares não exerceram resposta significativa no número médio de nozes por racimo, parecendo ter pouca influência o pólen de diferentes cultivares, corroborando com Ajamgard et al. (2017), os quais afirmam que o pólen de diferentes cultivares não exerce efeito significativo no número de nozes por racimo. No entanto, é possível

observar (Figura 2B) que a 'Barton', quando foi polinizada com o próprio pólen, houve redução de frutos próxima a 40,0 % em relação a polinização com pólen de outras cultivares, apresentando indício de maior abortamento de frutos quanto autopolinizada. De acordo com Conner (2007) e Wood (2000), um dos efeitos adversos da autopolinização é a redução do número de nozes devido à queda que, segundo Wells (2007), ocorre entre a segunda e sétima semana após a polinização, quando o problema for devido à autopolinização ou disponibilidade de pólen.

O pólen de diferentes cultivares não proporcionou diferença significativa na largura das nozes e espessura da casca para a cultivar Kiowa, mas quando polinizado com pólen da cultivar Desirable e sob polinização natural, o comprimento das nozes foi significativamente superior aos demais. Para a cultivar Barton, a espessura da casca também não foi influenciada pelos diferentes pólenes utilizados. No entanto, quando polinizado com a cultivar Melhorada, a largura e o comprimento das nozes foram inferiores aos demais pólenes (Tabela 1). O efeito do pólen de diferentes cultivares no tamanho de frutos foi observado em amendoeira (*Prunus dulcis*) por Kumar e Das (1996), onde os autores também observaram que houve diferentes respostas no tamanho das amêndoas conforme a cultivar fornecedora de pólen e concluíram que a ocorrência da xenia nas amêndoas é bastante evidente. Kumar e Das (1996) destacaram também que o tamanho da amêndoa resultante é diretamente relacionado ao tamanho da amêndoa da cultivar fornecedora do pólen, ou seja, se uma cultivar de noz pequena é polinizada com uma cultivar de amêndoa grande ocorre aumento no tamanho das amêndoas e vice-versa.

A largura das amêndoas da 'Kiowa' foi superior em condições de polinização natural, não diferindo quando polinizadas com 'Cape Fear' e 'Desirable'. Já o comprimento da amêndoa foi superior quando polinizado com Desirable, seguidas da polinização natural, com pólen da 'Kiowa' e 'Cape Fear'. Para a altura da amêndoa, não houve diferença significativa entre as diferentes fontes de pólen (Tabela 2). É importante destacar que a área em que foi realizado o experimento de polinização da 'Kiowa', conta com mais 17 cultivares e que muitas podem fornecer pólen durante o período de receptividade do estigma da

‘Kiowa’, ou seja, provavelmente a polinização natural está sendo adequada, justificando a maior largura da amêndoa.

Tabela 1 - Largura e comprimento de nozes com casca e espessura da casca em diferentes tratamentos de polinização (pólen de diferentes cultivares) para as cultivares Kiowa e Barton.

	Largura da Noz	Comprimento da Noz	Espessura da casca
	----- mm -----		
Tratamento	----- Cultivar Kiowa -----		
Polinização natural	20,81 <sup>ns</sup>	39,94 ab*	0,71 <sup>ns</sup>
Kiowa (autopolinização)	19,97	39,42 cb	0,73
Cape Fear	19,73	37,48 c	0,70
Pawnee	19,58	39,16 cb	0,64
Desirable	21,38	41,67 a	0,70
CV (%)	16,81	7,78	14,40
Tratamento	----- Cultivar Barton -----		
Polinização natural	19,94 ab	38,32 a	0,77 <sup>ns</sup>
Barton (autopolinização)	19,43 ab	35,18 ab	0,77
Melhorada	19,28 b	34,37 b	0,70
Jackson	19,54 ab	36,35 ab	0,72
Success	20,44 a	37,18 a	0,78
CV (%)	5,76	6,22	14,40

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente a 5 % de probabilidade de erro pelo teste de Tukey. <sup>ns</sup>não significativo. CV = Coeficiente de variação

Quando a ‘Barton’ foi polinizada com pólen da ‘Success’, obteve-se maior largura da amêndoa. No entanto, quando polinizado com a ‘Melhorada’, obteve-se a menor dimensão, ficando evidente o “efeito xenia” nas dimensões das nozes. Nessa mesma cultivar, para o comprimento e altura da amêndoa não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2). Amêndoas

grandes são desejadas pelos consumidores (Wells, 2017) e de acordo com os resultados desse estudo, essas características podem ser melhoradas, através da utilização de cultivares que forneçam o pólen no período da receptividade do estigma, de forma a reduzir a autopolinização, mas que tenham também o potencial de aumentar as dimensões dos frutos.

Tabela 2 - Largura, comprimento e altura da amêndoa em diferentes tratamentos de polinização (pólen de diferentes cultivares) para as cultivares Kiowa e Barton.

	Largura da amêndoa	Comprimento da amêndoa	Altura da amêndoa
	----- mm -----		
Tratamento	----- Cultivar Kiowa -----		
Polinização natural	18,59 a*	31,52 ab	8,05 <sup>ns</sup>
Kiowa (autopolinização)	17,03 b	31,41 ab	7,43
Cape Fear	17,57 ab	30,77 ab	7,30
Pawnee	17,25 b	30,29 b	7,61
Desirable	17,40 ab	33,99 a	7,51
CV (%)	5,48	8,4	7,44
Tratamento	----- Cultivar Barton -----		
Polinização natural	15,29 ab	30,14 <sup>ns</sup>	7,54 <sup>ns</sup>
Barton (autopolinização)	14,76 ab	28,61	7,64
Melhorada	14,57 b	28,51	7,58
Jackson	14,95 ab	30,12	7,47
Success	15,49 a	30,39	7,53
CV (%)	5,68	8,55	11,45

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente a 5 % de probabilidade de erro pelo teste de Tukey. <sup>ns</sup> não significativo. CV = Coeficiente de variação

A massa média dos frutos e da amêndoa da 'Kiowa' foram superiores em condições naturais de polinização, seguidas da polinização com a cultivar

Desirable e Pawnee. Para a cultivar Barton, a polinização com ‘Success’, ‘Jackson’ e polinização natural proporcionou as maiores médias para a massa dos frutos e da amêndoa (Tabela 3). Importante destacar que a ‘Kiowa’, quando polinizada com a ‘Cape Fear’ e quando autopolinizada, ocasionou menor massa média dos frutos e da amêndoa, enquanto para a cultivar Barton, os menores valores foram obtidos com a autopolinização e quando polinizadas com a ‘Melhorada’.

A autopolinização tanto para a cultivar Kiowa como para a Barton, embora essa última não tenha diferença significativa, reduziu a porcentagem de amêndoa e aumentou a porcentagem de casca das nozes. De acordo com Conner (2012), isso acontece, porque, a autopolinização resulta na produção de frutos pequenos e com baixo rendimento de amêndoa e quando as progênies são autopolinizadas, as mudas produzidas tendem a ser muito fracas e muitas morrem em alguns anos. Isso faz parte de um processo evolutivo da noqueira-pecã, que começa com o mecanismo da floração para evitar a autopolinização. Ou seja, como primeiro passo, a produção de flores masculinas e femininas são separadas, mas na mesma planta (planta monoica) e num segundo passo, o amadurecimento das flores femininas e masculinas acontecem em momentos diferentes na mesma planta (dicogamia). Embora Conner (2012) não tenha descrito, parece que o terceiro passo evolutivo é justamente a redução da qualidade dos frutos, de forma a reduzir a autopolinização e, conseqüentemente, evitar a reprodução de plantas autopolinizadas, isso ocorreria se os dois passos anteriores “falharem”.

A quantidade necessária de nozes para atingir um quilograma de fruto foi significativamente influenciada pelos tratamentos de polinização, sendo que para a cultivar Kiowa, a menor quantidade foi obtida com polinização natural e quando polinizada com pólen da Desirable. Enquanto para a cultivar Barton, a polinização com as cultivares Success, Jackson e polinização natural necessitou menor quantidade de nozes para a obtenção de um quilograma, justamente por ter frutos de maior massa (Tabela 3).



Tabela 3 – Massa por fruto, amêndoa e casca; porcentagem de amêndoa e casca e número de nozes por quilograma em diferentes tratamentos de polinização (pólen de diferentes cultivares) para as cultivares Kiowa e Barton.

	Massa por Fruto	Massa por amêndoa	Massa por casca	Amêndoa	Casca	Nozes por kg
	----- g -----	----- g -----	----- g -----	----- % -----	----- % -----	
Tratamento	----- Cultivar Kiowa -----					
Pol. Natural	7,51 a**	4,11 a	3,40 a	54,72 ab	45,28 ab	133 b
Kiowa*	6,68 bc	3,58 b	3,10 ab	53,57 b	46,42 a	150 a
Cape Fear	6,49 c	3,57 b	2,92 b	54,91 ab	45,09 ab	155 a
Pawnee	6,80 abc	3,70 ab	3,10 ab	54,25 ab	45,74 ab	149 a
Desirable	7,42 ab	4,13 a	3,29 a	55,68 a	44,32 b	135 b
CV (%)	6,49	7,25	5,91	1,53	1,84	7,57
Percentual de acréscimo ou redução com uso dos tratamentos de polinização em relação a autopolinização (Kiowa)						
Pol. Natural	12,4	14,8	9,6	2,1	-2,4	-11,3
Cape Fear	-2,9	-0,4	-5,8	2,5	-2,9	3,5
Pawnee	1,9	3,4	0,1	1,3	-1,5	-0,9
Desirable	11,1	15,5	6,1	3,9	-4,5	-10,2
Tratamento	----- Cultivar Barton -----					
Pol. Natural	5,55 ab	2,92 ab	2,63 a	52,37 <sup>ns</sup>	47,63 <sup>ns</sup>	183 ab
Barton*	4,99 b	2,63 b	2,37 abc	51,87	48,13	208 a
Melhorada	5,10 b	2,76 b	2,34 c	53,72	46,28	203 a
Jackson	5,29 ab	2,94 ab	2,35 ab	55,55	44,45	191 ab
Success	5,83 a	3,21 a	2,62 bc	54,93	45,07	173 b
CV (%)	13,36	18,03	11,77	8,25	9,57	15,3
Percentual de acréscimo ou redução com uso dos tratamentos de polinização cruzada em relação a autopolinização (Barton)						
Pol. Natural	11,1	11,1	11,0	1,0	-1,0	-12,2
Melhorada	2,1	5,1	-1,2	3,6	-3,8	-2,5
Jackson	5,9	12,1	-0,9	7,1	-7,6	-7,9
Success	16,7	22,3	10,5	5,9	-6,4	-16,8

\*Autopolinização; \*\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente a 5 % de probabilidade de erro pelo teste de Tukey. <sup>ns</sup> = não significativo. CV = Coeficiente de variação.

De forma geral, observou-se que a autopolinização não teve influência significativa no número final de frutos por racimo para as cultivares Kiowa e Barton. No entanto, reduziu as dimensões e rendimento dos frutos e das amêndoas e, por consequência, necessitou maior quantidade de frutos para atingir um quilograma de nozes. Segundo Conner (2007), a autopolinização na nogueira-pecã pode reduzir o rendimento em até 75 %. Embora o resultado do presente estudo não tenha alcançado essa escala de redução, foi possível demonstrar que a autopolinização da cultivar Kiowa e da Barton também tem efeito negativo no tamanho e rendimento dos frutos. Marquard (1988) também observou que a autopolinização reduziu a massa dos frutos da cultivar Western em 20 % e o volume em 12 %, quando comparada aos frutos da 'Western' polinizados com a cultivar Wichita.

Também foi possível verificar frutos menores e com menor rendimento na cultivar Kiowa, quando polinizada pela 'Cape Fear' e a 'Barton' quando polinizada pela 'Melhorada'. Quando utilizou-se pólen da 'Cape Fear' para polinizar a 'Kiowa' os resultados chegaram a ser inferiores aos obtidos pelo tratamento de autopolinização, reduzindo 2,9 % a massa por fruto e necessitando 3,5 % mais frutos para atingir um quilograma (Tabela 3). Já quando a 'Kiowa' foi polinizada pela 'Desirable' e a 'Barton' pela 'Success' obteve-se acréscimo na massa por amêndoa, respectivamente de 15,5 % e 22,3 % em relação a autopolinização. Com esses resultados, é possível observar evidências do "efeito xenia" nas cultivares de nogueira-pecã 'Kiowa' e 'Barton'. Esse efeito é descrito como o resultado direto do pólen no desenvolvimento e características dos frutos, podendo influenciar o tamanho e forma, entre outras características (POZZI et al., 2019; DENNY, 1992).

Os resultados obtidos com a polinização natural indicam que o fornecimento de pólen para as cultivares Kiowa (no Uruguai) e Barton (no Brasil), estão atendendo o período de receptividade do estigma, pois se obteve número médio de frutos por racimo, bem como frutos com dimensões e rendimentos semelhantes aos melhores tratamentos de polinização cruzada (Tabela 3).

Nesse estudo, os resultados evidenciaram a existência de efeitos positivos e negativos sobre algumas características dos frutos da nogueira-pecã em função da cultivar fornecedora do pólen, ficando claro o "efeito xenia". Zhang

et al. (2016) também observaram que diferentes variedades de *Castanea henryi* eram sujeitas a níveis variáveis do “efeito xenia”. Isto é, diferentes variáveis estudadas dos frutos da castanha foram afetadas em diferentes intensidades conforme a cultivar fornecedora de pólen.

Nesse sentido, o planejamento de implantação de um pomar deve incluir, além da escolha de cultivares que possam fornecer pólen no período da receptividade das inflorescências pistiladas (sincronização de polinização), também se deve dar atenção para cultivares com potencial de melhorar a qualidade dos frutos. No entanto, para isso, mais estudos devem ser realizados de forma a definir as melhores cultivares polinizadoras tanto para condições brasileiras como uruguaias.

#### **6.4 Conclusões**

A autopolinização reduz as dimensões e o rendimento de frutos e de amêndoas da noqueira-pecã nas cultivares Kiowa e Barton.

Pólens de diferentes cultivares de noqueira-pecã apresentam potencial positivo e/ou negativo nas dimensões e rendimento de frutos.

Obteve-se maior dimensão dos frutos e rendimento de amêndoas quando a ‘Kiowa’ foi polinizada pela ‘Desirable’ e a ‘Barton’ pela ‘Success’.

Obteve-se menor dimensões dos frutos e rendimento de amêndoas quando a ‘Kiowa’ foi polinizada pela ‘Cape Fear’ e a ‘Barton’ pela ‘Melhorada’.

## 7. CAPÍTULO III

### Efeito da irrigação no crescimento e rendimento de frutos de nogueira-pecã

#### 7.1 Introdução

A nogueira-pecã [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch (GRAUKE, 1991)] é uma espécie frutífera nativa dos Estados Unidos e México, entretanto vem sendo plantada e cultivada de forma comercial em vários continentes, inclusive na América do Sul, abrangendo países como Uruguai, Argentina, Chile, Peru e Brasil (SPARKS, 1991; WELLS, 2011; THOMPSON; CONNER, 2012; CASTILLO et al., 2013; FRONZA; HAMANN, 2016; BILHARVA et al., 2018), como também em outros continentes, em países como a China, Egito, África do Sul e Austrália (WELLS, 2017a).

É uma espécie que não suporta solos com excesso de umidade por períodos prolongados (MADERO et al., 2017), no entanto, é sensível ao déficit hídrico, sobretudo no período de reprodução. Assim sendo, a irrigação é uma das mais importantes ferramentas de manejo utilizadas na produção de nozes em diversas partes do mundo, a qual pode resultar no aumento do tamanho da amêndoa, produtividade e qualidade das nozes (WORLEY, 1982; WELLS, 2015; IBRAIMO et al., 2016; MADERO et al., 2017).

O déficit hídrico é um dos principais estresses ambientais que afeta a agricultura (COLODETTI et al., 2018), sendo que a necessidade de água depende da região, solo, idade das plantas, carga de produção, entre outros (WELLS, 2015; MADERO et al., 2017). De acordo com Sierra et al. (2001), a lâmina de água mínima anual necessária para a cultura é de cerca de 750 mm, enquanto a máxima é estimada em cerca de 2000 mm. Sendo que durante o período de crescimento o abastecimento ou fornecimento de água deve ser contínuo, para alcançar boa produção e qualidade dos frutos.

No Uruguai, a nogueira-pecã é cada vez mais cultivada com interesse em nível comercial (VARELA et al., 2015), no entanto, embora a precipitação anual seja de cerca de 1200 mm, a precipitação média mensal no verão se apresenta entre 60 e 70 mm no Sul do país (DURÁN et al., 1999). Em estudos sobre a viabilidade da

nogueira-pecã no Uruguai, realizados por Varela et al. (2015), demonstram que a cultura é viável e promissora. No entanto, os mesmos autores relatam um claro déficit hídrico durante os meses de desenvolvimento dos frutos, para os quais a necessidade de irrigação é fundamental para a produção comercial.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do uso de irrigação no crescimento e no rendimento de frutos de noqueira-pecã.

## 7.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido na estação experimental "Wilson Ferreira Aldunate", INIA – Las Brujas (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria), no Departamento de Canelones, Uruguai (altitude média de 23 m 34°40'15"S e 56°20'27"O). De acordo com a classificação de Köppen, o clima do Uruguai é do tipo Cfa, com temperatura média de 17,5 °C e pluviosidade média anual de 1200 mm. Os solos predominantes na região são *a fine (mixed) smectitic thermic superactive Vertic Argiudolls*, classificação conforme os critérios *Soil Taxonomy* (DURÁN et al., 1999).

O experimento foi conduzido de janeiro (início do desenvolvimento rápido da noz) até a primeira quinzena de maio (colheita) de 2018. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três repetições, sendo cada repetição composta por uma planta. Foram utilizados três tratamentos de irrigação: 0 L (Testemunha), 70 L e 140 L planta<sup>-1</sup> de água aplicados via gotejamento na projeção da copa (raio  $\pm$  1,5 metros), durante o período de quatro horas (das 16 às 20 horas) a cada dois dias. Mesmo quando ocorreu precipitação, a irrigação permaneceu ligada. Utilizou-se para o estudo a cultivar de noqueira-pecã 'Success', implantada em 2010 com espaçamento de 10 x 10 m.

Durante os meses de janeiro e abril foram registrados a temperatura média, a evaporação (Tanque Classe "A") e precipitação acumuladas mensalmente para o ano de 2018 e também a média entre os anos de 2008 a 2018 (Figura 1A e 1B), segundo dados obtidos da estação meteorológicas do INIA, distante a aproximadamente 400 m do pomar.

Para as análises selecionou-se 20 racimos por planta distribuídos nos quatro quadrantes da planta, sendo analisados durante o crescimento rápido dos frutos até

o período em que os frutos atingiram a dimensão final. Avaliou-se ainda, o número de frutos por racimo, o diâmetro e o comprimento do fruto, em intervalos de 15 dias, com auxílio de paquímetro digital.

Na primeira quinzena de maio foram colhidos os frutos, quando apresentavam a cápsula (epicarpo) que envolve a noz aberta. A umidade e a massa das nozes foram obtidas logo após a colheita e posteriormente secas em estufa de circulação de ar com temperatura de 32 °C ( $\pm 2$  °C) por 48 horas, sendo que após esse período os mesmos foram novamente pesados para a determinação da umidade. A umidade foi obtida com auxílio de medidor portátil Dickey-John M-3G e a massa com balança digital com precisão de duas casas decimais.

Três amostras com 20 frutos cada foram utilizadas para mensurar a largura e o comprimento dos frutos com casca e após descascados foram avaliados o comprimento, largura e altura da amêndoa, porcentagem de amêndoa e casca, enchimento da amêndoa (considerados amêndoas preenchidas quando ocupavam totalmente a cavidade da casca e pouco preenchidas quando ocupavam até  $\frac{3}{4}$  da cavidade da casca). Além disso, estimou-se a quantidade de nozes para atingir um quilograma.

Para atender aos pressupostos da análise de variância, realizaram-se os testes de normalidade e homogeneidade das variâncias, pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Posteriormente os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2016).

### **7.3 Resultados e discussão**

De acordo com os dados climáticos registrados no período do estudo (Figura 1A) e também a média de 10 anos, entre os anos de 2008 e 2018 (Figura 1B), é possível observar que entre os meses de janeiro e abril a evaporação acumulada foi superior a precipitação acumulada em todo o período. Ou seja, a perda de água por

evaporação é maior que a precipitação no período de crescimento dos frutos de nogueira-pecã no Uruguai.

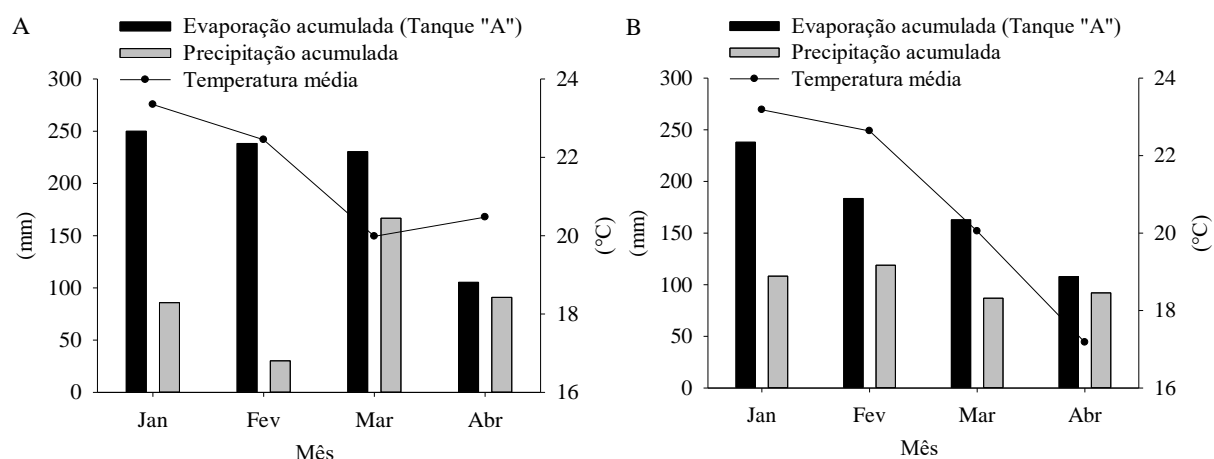


Figura 1 – Evaporação acumulada - Tanque “A” (mm), precipitação acumulada (mm) e temperatura média (°C) mensais, no ano de 2018 (A) e médias entre os anos de 2008 a 2018 (B).

Durante o período compreendido entre o crescimento rápido dos frutos até que os mesmos atingissem a dimensão final, o número de frutos por racimo foi reduzido do início até o final das avaliações, no entanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos de irrigação (Tabela 1). A queda de frutos em nogueira-pecã frequentemente ocorre durante o período de desenvolvimento dos mesmos, sendo que vários fatores podem estar envolvidos. Dentre eles a cultivar, polinização, temperatura, presença de insetos, doenças, nível nutricional das plantas e, inclusive, o déficit hídrico (SPARKS, 1992; WOOD et al., 2010; WELLS, 2017b; BILHARVA et al., 2018). Madero et al. (2017) relatam que pode ocorrer a redução da porcentagem de nozes e a queda dos mesmos se ocorrer a falta de água no solo. No entanto, nesse estudo a restrição hídrica parece não ter sido suficiente para provocar maior queda de frutos na ‘Success’.

Tabela 1 – Número médio de frutos por racimo; diâmetro e comprimento de frutos de nogueira-pecã durante o estágio de crescimento dos frutos em diferentes quantidades de água aplicados por planta

Trat. (L) <sup>1</sup>	Data					
	09/01/18	23/01/18	09/02/18	22/02/18	12/03/18	25/03/18
Número médio de frutos por racimo						
0	3,6 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>	3,6 <sup>ns</sup>	3,0 <sup>ns</sup>	2,9 <sup>ns</sup>
70	3,4	3,4	3,4	3,4	3,0	2,7
140	3,7	3,7	3,6	3,6	3,0	2,9
CV (%)	7,0	7,0	7,5	7,5	4,9	4,9
Diâmetro do fruto (mm)						
0	10,3 <sup>ns</sup>	12,1 <sup>b<sup>2</sup></sup>	15,4 <sup>b</sup>	19,0 <sup>b</sup>	21,3 <sup>b</sup>	22,0 <sup>b</sup>
70	10,4	14,2 <sup>a</sup>	18,3 <sup>a</sup>	23,4 <sup>a</sup>	26,6 <sup>a</sup>	28,0 <sup>a</sup>
140	10,6	14,8 <sup>a</sup>	19,6 <sup>a</sup>	25,2 <sup>a</sup>	28,6 <sup>a</sup>	29,0 <sup>a</sup>
CV (%)	1,6	2,2	2,0	2,6	3,3	3,2
Comprimento do fruto (mm)						
0	18,5 <sup>ns</sup>	20,1 <sup>b</sup>	24,3 <sup>b</sup>	27,3 <sup>b</sup>	29,0 <sup>b</sup>	29,0 <sup>b</sup>
70	19,0	24,3 <sup>a</sup>	30,9 <sup>a</sup>	35,7 <sup>a</sup>	38,4 <sup>a</sup>	39,0 <sup>a</sup>
140	19,1	24,9 <sup>a</sup>	31,8 <sup>a</sup>	37,3 <sup>a</sup>	40,2 <sup>a</sup>	40,0 <sup>a</sup>
CV (%)	6,1	4,9	2,6	4,1	4,9	4,5

<sup>1</sup>Tratamento - quantidade de água (em litros) aplicado por planta com intervalo entre aplicações de dois dias. <sup>ns</sup> = Não significativo; <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro.

Quinze dias após o início das avaliações (23-01-2018), o diâmetro e o comprimento dos frutos de nogueira-pecã foram estatisticamente superiores nos tratamentos em que foram aplicados 70 e 140 L de água por planta, em comparação as plantas que não receberam irrigação. As dimensões dos frutos estabilizaram-se em 25 de março (Tabela 1; Figura 2). Herrera (2005) descreve duas fases principais de crescimento dos frutos, sendo que o primeiro ocorre o crescimento em tamanho e, posteriormente, o preenchimento das nozes e, como observado nesse trabalho,



quando ocorre déficit hídrico na fase de crescimento em tamanho, reduz as dimensões dos frutos.



Figura 2 – Dimensão dos frutos em 25 de março sob diferentes quantidades de água aplicadas às plantas.

A umidade média das nozes no momento da colheita variou de 19,9 a 21,4 % e após a secagem (48 horas a 32 °C) obteve-se umidade média de 3,9 %, não apresentando diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 2).

As dimensões largura e o comprimento dos frutos foi influenciada pelas quantidades de água aplicadas, sendo que a utilização de 140 L por planta proporcionou frutos significativamente de maiores dimensões. A largura, comprimento e altura da amêndoa também foram significativamente superiores quando utilizada irrigação, não diferindo entre 70 e 140 L (Tabela 2; Figura 3). Amêndoas grandes e bem formadas são desejadas pelos consumidores e essas características são específicas de cada cultivar de noqueira-pecã, mas também são influenciadas pelos tratamentos culturais e manejo que se utilizam no pomar (WELLS, 2017b; MADERO et al., 2017). Entre eles, a irrigação tem grande influência em regiões com déficit hídrico, pois, como observado nesse estudo (Tabela 2), a escassez de água no período reprodutivo reduziu as dimensões das nozes.

Outro aspecto importante na qualidade e rendimento das nozes é o preenchimento da amêndoa. Quando não utilizada irrigação, 48 % das nozes avaliadas apresentaram preenchimento classificado como parcialmente preenchido, ou seja, nozes com até 75 % da cavidade da casca preenchida. Todavia, nas plantas irrigadas com 70 L de água, apenas 5 % das nozes foram parcialmente preenchidas e, quando utilizado 140 L, 100 % das nozes foram completamente preenchidas.

Tabela 2 – Umidade das nozes no momento da colheita e após a secagem; largura (Larg.) e comprimento (Compt.) de nozes com casca; largura, comprimento e altura (H) da amêndoa; Preenchimento da amêndoa (PA) – P = preenchida; PC = Parcialmente preenchida ( $\frac{3}{4}$  da amêndoa preenchida), de nozes em diferentes quantidades de água aplicados por planta

Trat. (L) <sup>1</sup>	Umidade das nozes		Nozes com casca		Amêndoa			PA	
	Colheita	Seca	Larg.	Compt.	Larg.	Compt.	H	P	PC
	---- % ----				----- mm -----			--- % ---	
0	19,9 <sup>ns</sup>	3,9 <sup>ns</sup>	18,2 <sup>c<sup>2</sup></sup>	24,6 <sup>c</sup>	15,7 <sup>b</sup>	18,8 <sup>c</sup>	6,3 <sup>b</sup>	52	48
70	20,3	3,9	21,1 <sup>b</sup>	30,6 <sup>b</sup>	17,7 <sup>a</sup>	23,9 <sup>b</sup>	7,3 <sup>a</sup>	95	5
140	21,4	3,9	22,3 <sup>a</sup>	32,5 <sup>a</sup>	18,3 <sup>a</sup>	26,8 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	100	0
CV (%)	7,6	2,8	5,5	7,7	6,4	5,8	9,3	---	

<sup>1</sup>Tratamento - quantidade de água (em litros) aplicado por planta com intervalo entre aplicações de dois dias. <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> = Não significativo.



Figura 3 – Dimensões de nozes maduras de nogueira-pecã sob diferentes quantidades de água aplicadas as plantas.

Em relação as massas dos frutos, houve diferença significativa entre os tratamentos. No tratamento de 140 L de água por planta, a massa dos frutos, amêndoa e casca foram estatisticamente superiores. Com a utilização de 70 L de água por planta, a massa dos frutos e da amêndoa foram, respectivamente, 68,0 e 73,6 % superiores aos frutos das plantas sem irrigação. Enquanto, com 140 L, a massa dos frutos foi 102,8 % e a massa da amêndoa 113,8 % superiores aos frutos das plantas que não receberam irrigação (Tabela 3). Segundo dados descritos nos Estados Unidos para a cultivar Success, a massa média das nozes é de 9,2 g, valor superior ao encontrado nesse estudo em que obteve-se 7,2 g quando utilizada irrigação de 140 L de água por planta.

Tabela 3 – Massa média de fruto, amêndoa e casca; porcentagem de amêndoa e casca e número de nozes por quilograma em diferentes quantidades de água aplicadas por planta.

Trat. (L) <sup>1</sup>	Massa de fruto	Massa de amêndoa ----- g -----	Massa de casca	Amêndoa %	Casca	Nozes por quilograma
0	3,6 c <sup>2</sup>	1,6 c	2,0 c	44,5 b	55,5 a	281 a
70	6,0 b	2,8 b	3,2 b	46,2 ab	53,8 ab	168 b
140	7,2 a	3,4 a	3,8 a	47,0 a	53,0 b	139 b
CV (%)	8,98	10,12	8,55	2,88	2,44	17,46
Percentual de acréscimo ou redução com uso dos tratamentos						
70	68,0	73,6	64,3	3,8	-3,1	-41,2
140	102,8	113,8	94,9	5,6	-4,5	-51,3

<sup>1</sup>Tratamento - quantidade de água (em litros) aplicado por planta com intervalo entre aplicações de dois dias. <sup>2</sup>Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade de erro

A porcentagem de amêndoa por fruto aumentou com a utilização de irrigação, obtendo 3,8 e 5,6 % de incremento, respectivamente com 70 e 140 L de água (Tabela 3). O rendimento de amêndoa, ou seja, a porcentagem da mesma em relação a massa total da noz é um importante critério a ser considerado na escolha de uma cultivar (WELLS, 2017b). No entanto, dentro de uma mesma cultivar, a porcentagem de

amêndoa pode sofrer importantes alterações através dos diferentes manejos utilizados. Para a cultivar Success, Wells (2017b) descreve que na Geórgia/EUA tem um rendimento de amêndoa de 50 %, enquanto informações obtidas do banco de dados do *United States Department of Agriculture* (USDA) indica um rendimento que chega a 52,4 %. Quando analisado o efeito da irrigação neste estudo, se observa um acréscimo de 5,6 % de rendimento das amêndoas com o uso de 140 L de água (Tabela 3), alcançando 47 % de amêndoa, valor inferior aos descritos para a cultivar nos Estados Unidos.

A quantidade necessária de nozes para atingir um quilograma foi significativamente influenciada pela irrigação, sendo necessário 281, 168 e 139 frutos para obter um quilograma, respectivamente com 0 L; 70 L e 140 L de água (Tabela 3). Quando transformados em valores percentuais, o número de frutos necessários para atingir um quilograma foi de 41,2 % (70 L) e 51,3 % (140 L) menor ao número de frutos necessário das plantas sem irrigação (0 L). A quantidade de nozes para atingir um quilograma para a cultivar Success, de acordo com Wells (2017b), é de 106. Número menor se comparado às 139 nozes necessárias quando utilizados 140 L água. No entanto, quando as plantas não receberam irrigação, a diferença é ainda maior, sendo necessário 281 nozes. Isso se deve às menores dimensões das nozes devido à restrição hídrica sofrida pelas plantas no período de crescimentos dos frutos.

Dessa forma, os dados obtidos na presente pesquisa demonstram a importância em se considerar a irrigação como uma prática indispensável no manejo de pomares de nogueira-pecã, não somente em regiões áridas, mas também em locais com períodos de baixa precipitação durante a frutificação.

Com o uso de irrigação de 140 L foi possível aumentar mais de 100 % a massa das nozes e de amêndoa em relação as plantas não irrigadas (Tabela 3). Com base nisso, em uma área de um hectare sem irrigação, por exemplo, com produção efetiva de 1.000 kg de nozes, poderia produzir aproximadamente 2.000 kg, somente efetuando um manejo adequado da água.

Mesmo com o acréscimo das dimensões e massa dos frutos, conseguido com a irrigação, é possível que irrigações mais frequentes ou superiores a 140 L por planta a cada dois dias, proporcionem nozes de maiores dimensões. Dessa forma, estudos que consideram a lâmina necessária de água ainda são necessários para a cultura nas condições ambientais do Uruguai. Segundo Avila (1996) e Avila et al. (2000), um

período de restrição hídrica, em qualquer momento durante o período de desenvolvimento é propenso a afetar o tamanho ou o enchimento das nozes, porque a umidade é retirada das nozes e retida pelas folhas durante períodos de transpirações excessivas. Portanto, é importante que um suprimento de umidade uniforme do solo esteja disponível para a planta durante o período de crescimento e enchimento da noz, para que a mesma possa atingir as dimensões potenciais de cada cultivar.

É importante destacar que o requerimento de água em pomares é variável de acordo com o tipo de solo, clima da região, manejo, método de irrigação, carga de produção, idade e estágio de desenvolvimento das plantas (WORLEY, 1982; WELLS, 2015; IBRAIMO et al., 2016; MADERO et al., 2017). Nesse contexto, o real requerimento de água deve ser considerado e estudado em cada situação local, de forma a ajustar a real necessidade das plantas. Embora o Uruguai não tenha uma estação seca definida, frequentemente ocorrem períodos durante o ano com baixo índice pluviométrico, ocasionando perdas na produção agrícola quando não utilizada irrigação. Para a noqueira-pecã não é diferente, pois de acordo com os resultados obtidos nesse trabalho foi possível observar que a não utilização de irrigação pode ocasionar uma redução superior a 100 % do rendimento dos frutos, ocasionando perdas significativas. Dessa forma, demonstrou-se a importância da utilização da irrigação no crescimento e rendimento de frutos de noqueira-pecã, de modo que produtores e técnicos envolvidos com a cultura consideram essa prática como muito importante, principalmente em regiões e anos com períodos de déficit hídrico mais acentuado.

#### **7.4 Conclusões**

As condições agroclimáticas desse estudo, com períodos de déficit hídrico durante o desenvolvimento dos frutos de noqueira-pecã, são capazes de afetar as dimensões e o enchimento das nozes.

A utilização de irrigação em plantas de noqueira-pecã proporciona frutos e massa das nozes maiores.

A utilização de irrigação de 140 L planta<sup>-1</sup>, a cada dois dias, aumenta em mais de 100 % a massa dos frutos e da amêndoa da noqueira-pecã 'Success'.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A elaboração de uma escala fenológica para a noqueira-pecã é extremamente importante, que além de melhorar o entendimento entre os profissionais envolvidos, permite a realização e comparação de resultados de pesquisas em diferentes regiões produtoras. Os resultados fenológicos da floração indicaram que todas as cultivares estudadas apresentam dicogamia incompleta, mas com períodos de sincronização distintos. Essa informação é extremamente importante, de forma a observar e reconhecer o período de polinização de cada cultivar, podendo ser base para a escolha de cultivares que irão compor um pomar e que assegure polinização cruzada. Portanto, faz-se necessário a continuação, não somente desse trabalho, mas também do acompanhamento da fenologia em outras regiões de cultivo, de forma a auxiliar o produtor na tomada de decisão sobre o manejo da cultura.

O reconhecimento, bem como o entendimento, do estágio fenológico de desenvolvimento é fundamental para a tomada de decisão e a realização de práticas de manejo. No entanto, faltam trabalhos com alternativas que visam a indução da brotação e sincronização de floração, com o equilíbrio entre desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, com nutrição equilibrada em fases pontuais tanto do desenvolvimento vegetativo como do reprodutivo, que determinam os momentos de indução e diferenciação floral, entre outros.

A polinização caracteriza-se como fator determinante na produção de frutos, especialmente para espécies com polinização alógamas. Ainda mais para a noqueira-pecã que, além da dicogamia, apresenta “efeito xenia”, que é o efeito do pólen nas características dos frutos. Com os resultados obtidos, foi possível concluir que o pólen de diferentes cultivares pode proporcionar desenvolvimento positivo e negativo nas características dos frutos, como a dimensão, massa e rendimento. Por outro lado, quando uma cultivar for polinizada com o próprio pólen (autopolinização), a dimensão o rendimento dos frutos e das amêndoas é reduzido. Esses dados, nos remetem a pensar que a polinização cruzada (com a utilização de três ou mais cultivares na mesma área, que habitualmente é recomendado com base na sincronização de polinização), não é garantia de produção de frutos grandes e de qualidade. Mas, que a escolha dessas cultivares polinizadoras também devem apresentar potencial de acréscimo nas dimensões

dos frutos. No entanto, trabalhos que avaliem o “efeito xenia” devem ser melhor analisados de forma a definir as melhores cultivares polinizadoras para determinada cultivar.

Embora as regiões brasileiras e uruguaias que cultivam noqueira-pecã não possuem uma estação seca definida, o que dá a “falsa ideia” que não há necessidade de irrigação às plantas, mas apresenta períodos durante o ano com baixo índice pluviométrico. Dessa forma, os resultados obtidos demonstram os ganhos em dimensões, massa e rendimento da amêndoa obtidos em plantas irrigadas, evidenciando a importância da realização dessa prática, podendo ter ganho superior a 100 % em relação aos frutos das plantas sem irrigação. Nesse contexto, a utilização da irrigação deve ser uma importante prática considerada no plano de manejo na cultura, sob tudo que produtores e técnicos envolvidos com a cultura consideram essa atividade importante. Todavia, a necessidade de água deve ser estudada em cada situação local, de forma a ajustar a necessidade das plantas, determinar os períodos de déficit, analisar a tensão e água disponível no solo, estudar métodos de manejo e de irrigação (inclusive o de microaspersão em pomares de noqueira-pecã), entre outros.

Mesmo que o número de pesquisas e treinamentos técnicos sobre a cultura tenham aumentado recentemente. Ainda faltam estudos básicos e que muitas vezes são determinantes para a produtividade de uma área. Esse problema, se torna ainda maior devido a divulgação de inverdades como: a cultura é rústica e não exige manejo, é altamente produtiva podendo superar 10 toneladas por hectare, não necessita de poda e tratamentos fitossanitários, necessita de baixo investimento, entre outras. Contudo, é necessário que os profissionais da área encarem com seriedade a cultura e forneçam informações verdadeiras aos produtores, baseadas em estudos e resultados comprovados cientificamente. Para isso, é importante que órgãos de pesquisa e extensão como Embrapa, Universidades, INIA/Uruguai, Emater, Epagri, entre outros, atuem de forma construtiva e conjunta para o sucesso da cultura.

Para tanto, as pesquisas realizadas e apresentadas neste trabalho buscaram trazer informações importantes sobre fenologia, sobre o “efeito xenia” e sobre a irrigação. Não sendo conclusivos, necessitando de continuação a fim de esclarecer e melhorar o entendimento sobre a cultura.

## 9. REFERÊNCIAS

- ADRIANCE, G. W. Factors Influencing Fruit Setting in the Pecan. **Botanical Gazette**. v.91, n.2, p.144-166. 1931.
- AJAMGARD, F.; RAHEMI, M.; VAHDATI, K. Determining the Pollinizer for Pecan Cultivars. **Journal of Nuts**, v. 8, n. 1, p. 41-48, 2017.
- ALCARAZ, M. L.; THORP, T. G.; HORMAZA, J. I. Phenological growth stages of avocado (*Persea americana*) according to the BBCH scale. **Scientia Horticulturae**, v.164, p.434–439, 2013.
- AMLING, H. J.; AMLING, K. A. Physiological differentiation of pistillate flower of pecan and cold requirements for their initiation. **Journal of the American Society for Horticultural Science** v.108, p.195-198, 1983.
- ANCHONDO, A. Desfasamiento de la floración en nogal. **Revista Pacana**. v. 5, n. 24 p.20-21, 2019.
- ARREOLA-AVILA, J. G.; MURRIETA, A. L.; DE LA ROSA, A. B. Inducción de crecimiento lateral en nogal pecanero (*Carya illinoensis* K. Koch): Mediante despunte de brotes en primavera. **Revista Chapingo. Serie Horticultura**, v.16, n.1, p.31-36, 2010.
- AUNE, D. et al. Nut consumption and risk of cardiovascular disease, total cancer, all-cause and cause-specific mortality: a systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. **BMC Medicine**, v. 14, n. 207, p. 1-14, 2016.
- AVILA, C. G. Crecimiento y desarrollo del fruto del pecanero (*Carya illinoensis* K) cv. Western y su relación con unidades calor, evapotranspiración y días. **ITEA. Producción vegetal**, v. 92, n. 2, p. 49-57, 1996.
- AVILA, C. G. et al. **Tecnología de Riego en Nogal Pecanero**. Libro Científico No. 1. Primera Edición. SAGAR. INIFAP. CIFAP-Comarca Lagunera. 2000, 113p.
- BARACUHY, J. B. C. **Determinação do período de floração e viabilidade de pólen de diferentes cultivares de nogueira-pecã *Carya illinoensis* (Wang) K. Koch**. 1980. 52f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1980.
- BARBOSA, W. et al. O pessegueiro no sistema de pomar compacto: III. Épocas de poda drástica na diferenciação floral. **Bragantia**, v. 49, n. 1, p. 147–155, 1990.



- BERNIER, G. The control of floral evocation and morphogenesis. **Annual Reviews of Plant Physiology**, v. 39, p.175-219, 1988.
- BILHARVA, M. G. et al. Pecan: from Research to the Brazilian Reality. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 23, n. 6, p. 1-16, 2018.
- BLEIHOLDER, H.; KIRFEL, H.; LANGERLÛDDEKE, P.; STAUSS, R. Codificação unificada dos estádios fenológicos de culturas e ervas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n. 9, p. 1423-1429, 1991.
- BURNS, R. M.; HONKALA, B. H. (Org.). **Silvics of North America**. Hardwoods. Washington: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, v. 2. p. 205-210. 1990.
- CALL, R. E.; GIBSON, R.; KILBYET, M. W. **Pecan production guidelines for small orchards and home yards**. Tucson-AZ: College of Agriculture and Life Sciences. University of Arizona. 2006. 12p.
- CASTILLO, I. O. et al. Producción y comercialización de nuez pecanera (*Carya illinoensis* Koch) en el norte de Coahuila, México. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 4, n. 3, p. 461-476, 2013.
- COLODETTI, T. V, et al. Rational management of water availability along the phenological stages of *Crambe abyssinica* Hochst. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 12, n. 03, p. 350-356, 2018.
- CONNER, P. J. Optimization of in vitro pecan pollen germination. **HortScience**, v. 46, n. 4, p. 571-576, 2011.
- CONNER, P. J. **Pecan pollination**. University of Georgia-Tifton Campus, Horticulture Department. 2007, 3 p.
- CONNER, P. J. **Pollination charts revisited**. The Grower Pecan, v. 23, n. 4, p. 34-39. 2012.
- DENNY, J. O. Xenia includes metaxenia. **Hortscience**, v. 27, n. 7, p. 722-728, 1992.
- DÍAZ, G. M. Factores que determinan el amarre de las nueces del nogal pecanero. **Revista Pacana**, v.5, n. 22, p. 4-5, 2019.
- DURÁN, A.; CALIFRA, A.; MOLFINO, J. H. Suelos del Uruguay según Soil Taxonomy. Uruguay. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 1999. 14 p.

[http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/1615\\_suelos\\_del\\_urugua\\_y\\_segun\\_soil\\_taxonomy\\_0.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/multimedia/1615_suelos_del_urugua_y_segun_soil_taxonomy_0.pdf). Acesso em: 13 jul. 2018.

ENGİN, H.; ÜNAL, A. Examination of flower bud initiation and differentiation in sweet cherry and peach by scanning electron microscope. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 31, n. 6, p. 373–379, 2007.

FADÓN, E.; HERRERO, M.; RODRIGO, J. Flower development in sweet cherry framed in the BBCH scale. **Scientia Horticulturae**, v. 192, p. 141–147, 2015.

FATTAHI, R.; MOHAMMADZEDEH, M.; KHADIVI-KHUB, A. Influence of different pollen sources on nut and kernel characteristics of hazelnut. **Scientia Horticulturae**, v. 173, n. 27, p. 15–19, 2014.

FERREIRA, D.F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.6. Lavras-MG:UFLA. 2016.

FINN, G. A.; STRASZEWSKI, A. E.; PETERSON, V. A general growth stage key for describing trees and woody plants. **Annals of Applied Biology**, v.151, p.127-131, 2007.

FLEMMER, A. C.; FRANCHINI, M. C.; LINDSTROM, L. I. Description of safflower (*Carthamus tinctorius*) phenological growth stages according to the extended BBCH scale. **Annals of Applied Biology**, v.166, p.331-339, 2014.

FRONZA, D. et al. Cultivo de nozes-pecã: aspectos gerais. **Ciência Rural**, v.48, n.2, e20170179, 2018.

FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Poda da nogueira-pecã**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Politécnico da UFSM, 2017.92 p.

FRONZA, D.; HAMANN, J. J. **Técnicas para o cultivo da nogueira-pecã**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Politécnico da UFSM, 2016. 424 p.

FRONZA, D.; POLETTTO, T.; HAMANN, J. J. **O cultivo da nogueira-pecã**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Politécnico da UFSM, 2015. 299 p.

FRUSSO, E. Características morfológicas y fenológicas del pecán. In: LAVADO R.; FRUSSO, E. eds. **Producción de pecán en Argentina**. Buenos Aires, INTA Delta del Paraná. Cap. 2. 2007, 18f.

GRAUKE, L. J. Appropriate Name for Pecan. **HortScience**, v.26, n.11: 1991, p.1358.

- GRAUKE, L. J.; THOMPSON, T. E. Variability in Pecan Flowering. **Fruit Varieties Journal**, v. 50, n. 3, p.140-150, 1996.
- HACK, V. H. H. et al. Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien mono-und dikotylar Pflanzen. – Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. **Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz**, v.44, n.12; p.265-270, 1992.
- HAMANN, J. J. **Determinação do período de receptividade do estigma e liberação de pólen em cultivares de noqueira-pecã (*Carya illinoensis* K.) cultivadas em Cachoeira do Sul e Santa Maria (RS)**. 2018, 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS. 2018.
- HAN, M.; PENG, F.; MARSHALL, P. Pecan phenology in Southeastern China. **Annals of Applied Biology**, v. 172, p. 160-169, 2018.
- HAWERROTH, F. J. et al. **Dormência em frutíferas de clima temperado**. (Documentos - 310), Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2010. 56 p.
- HERNÁNDEZ DELGADO, P. M. et al. Phenological growth stages of mango (*Mangifera indica* L.) according to the BBCH scale. **Scientia Horticulturae**, v.130, n.3 p.536–540, 2011.
- HERRERA, E. **Flowering Habits of Pecan Trees**. New Mexico State University - Guide H-622, p.4, 1999.
- HERRERA, E. **Growth and Development of Pecan Nuts**. New Mexico State University - Guide H-618, p.4, 2005.
- IBRAIMO, N. A. et al. Estimating water use of mature pecan orchards: A six stage crop growth curve approach. **Agricultural Water Management**, v. 177, p. 359-368. 2016.
- INIA - Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. **Descripción de estados fenológicos de pecán**. Cartilla nº 67. 2016. Acesso em 12 jan. 2020. Disponível em: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6339/1/067-PECAN.pdf>.
- KOESER, A. K. et al. **Trees: North & Central Florida**. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. 2015. 204 p.
- KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of woody plants**. Academic Press, New York. 1979. 811 p.
- KUMAR, K.; DAS, B. Studies on xenia in almond (*Prunus dulcis* (Miller) D. A. Webb), **Journal of Horticultural Science**, v. 71, n. 4, p. 545-549, 1996.

- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução de PRADO, C. H. B. A.. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LI, B. L. et al. Tree growth characteristics and flower bud differentiation of sweet cherry (*Prunus avium* L.) under different climate conditions in China. **HortScience**, v. 37, p. 6–13, 2010.
- LIU, K. et al. Identification of phenological growth stages of sugar apple (*Annona squamosa* L.) using the extended BBCH-scale. **Scientia Horticulturae**, v. 181, p. 76–80, 2015.
- MADDEN, G. D.; BROWN, E. J. Blossom dates of selected pecans. **Pecan Quarterly**, v. 7, n. 1, p. 17-19, 1973.
- MADERO, E. R. et al. **Manual de manejo del huerto de nogal pecán**, Ediciones INTA, 2017, 94 p.
- MADERO, E. R.; FRUSSO, E. A.; BRUNO, N. R. **Desarrollo del cultivo de la nuez pecan en la Argentina**. ProPecan. Argentina: INTA, 2012.
- MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2020. Acesso em: 10 de fev. 2020. Disponível em: < [http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php) >.
- MARAFON, A. C.; HERTER, F. G.; HAWERROTH, F. J. Umidade ponderal em tecidos de pereira durante o período de dormência sob condições de inverno ameno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 9, p. 01-07, 2011.
- MARQUARD, R. D. Outcrossing rates in pecan and the potential for increased yields. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 113, n. 1, p. 84-88, 1988.
- MARTINS, C. R.; DE MARCO, R.; MEDEIROS, J. C. F.; PORTO, J. A.; BILHARVA, M. G.; HERTER, F. G. **Aspectos e critérios básicos para implantação de pomar de nogueira-pecã**. Comunicado técnico 365, Embrapa, 2019, 19p.
- MARTINS, C. R.; et al. **Situação e Perspectiva da Nogueira-pecã no Brasil**. Documentos 462, Embrapa, 2018, 33f.
- MEIER, U. **Growth stages of Mono- and Dicotyledonous Plants. BBCH Monograph**, Blackwell Wissenschafts Verlag Berlin Wien, 2001. 158p.
- MELLIZO, A. C. et al. Effects of natural and artificial pollination on fruit and offspring quality. **Basic Applied Ecology**, v. 13, p. 524-532, 2012.

- MILITARU, M. et al. Effect of metaxenia on the fruit quality of scab resistant apple varieties. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 6, p. 151–156, 2015.
- MORELLATO, L. P. C. **As estações do ano na floresta**. In: LEITÃO FILHO, H. F.; MORELLATO, L. P. C. *Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra*. 1. ed. Campinas: UNICAMP, 1995. p. 187-192
- MORENO, J. H. N. El llenado de la Nuez Parte I. **Revista Pacana**. v. 4, n. 18 p.34-36, 2018a.
- MORENO, J. H. N. El llenado de la Nuez Parte II. **Revista Pacana**. v. 4, n. 19 p.14-15, 2018b.
- MORENO, J. H. N. Factores que afectan el “llenado” de la nuez. **Revista Pacana**. v. 5, n. 24 p.12-13, 2019.
- MUNGER, P. et al. Phenological growth stages of the cotton plant (*Gossypium hirsutum* L.): codification and description according to the BBCH scale. **Journal Agronomy & Crop Science**, v.180, p.143-149, 1998.
- OJEDA-BARRIOS, D. L.; HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, O. A.; LÓPEZ-OCHOA, G. R.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, J. J. Evolución de los sistemas de producción de nuez en México. **Tecnociencia**, v. 3, n. 3, p. 115-120, 2009.
- OLFATI, J. A. et al. Xenia and Metaxenia on Cucumber Fruit and Seed Characteristics. *International Journal of Vegetable Science*, v.\_16, n. 3, p. 243-252, 2010.
- OLIVEIRA, L. F. C. et al. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. 2ª edição revista e ampliada, Brasília, DF: Embrapa, 2018. 61p.
- PECAN BREEDING. Banco de dados da University of Georgia. Disponível em: <https://pecanbreeding.uga.edu/cultivars/alphabetical-list/barton.html>. Acesso em: 22 nov. 2019.
- PHAM, V. T.; HERRERO, M.; HORMAZA, J. I. Phenological growth stages of longan (*Dimocarpus longan*) according to the BBCH scale. **Scientia Horticulturae**, v. 189, p. 201–207, 2015.
- POZZI, F. I. et al. Xenia in bahiagrass: gene expression at initial seed formation. *Seed Science Research*, v. 29, p. 29-37, 2019.

- RAJAN, S. et al. Application of extend BBCH scale for phonological studies in mango (*Mangifera indica* L.). **Journal of Applied Horticulture**, v. 13, n. 2, p. 108-114, 2011.
- RASEIRA, A. A **cultura da noqueira-pecã (*Carya illinoensis*)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1990. 3 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 63).
- RÊGO, G. M.; LAVARONTI, O. J.; ASSUMPÇÃO NETO, A. **Caracterização Morfológica da Fenofase Reprodutiva da Imbuia**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 4p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 173).
- REIGER, M. **Pecan – *Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch**. Georgia: University of Georgia, 2004. Disponível em: <http://www.uga.edu/fruit%20pecan.htm>. Acesso em: 01 de jan. de 2019.
- ROHLA, C. **Cross pollination is essential for pecan production**. The Samuel Roberts Noble Foundation. Center for pecan and specialty agriculture. 2016. 1p.
- ROMBERG, L. D.; SMITH, C. L. Effects of cross-pollination, self-pollination and sib-pollination on the dropping the volume and the kernel development of pecan nuts and on the vigor of the seedling. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 47, p.130–133, 1946.
- SABIR, A. Xenia and metaxenia in grapes: differences in berry and seed characteristics of maternal grape cv. ‘Narince’ (*Vitis vinifera* L.) as influenced by different pollen sources. *Plant Biology*, v. 17, n. 2, p. 567–573, 2015.
- SAMACH, A.; SMITH, H. Constraints to obtaining consistent annual yields in perennials. II: Environment and fruit load affect induction of flowering. **Plant Science**, v. 207, p. 168–176, 2013.
- SAMUELLE, J. Nuez pecán: la reina de las frutas secas despega em Uruguay. **El Observador**. 06 jul. 2019. Acesso em: 11/02/2020. Disponível em: <https://www.elobservador.com.uy/nota/nuez-pecan-la-reina-de-las-frutas-secas-despega-en-uruguay-201975161734>.
- SANZ-CORTÉS, F. et al. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). **Annals of Applied Biology**. v.140, n.2, p.151-157, 2002.
- SCHWAB, N. T. et al. A phenological scale for the development of Gladiolus. **Annals of Applied Biology**, v. 166, n. 3, p. 496-507, 2015.

- SHAFIQUE, M. et al. Influence of pollen source and pollination frequency on fruit drop, yield and quality of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) Cv. Dhakki. *Pakistan Journal of Botany*, v. 43, n. 2, p. 831–839, 2011.
- SHEMER, A. et al. The olive cultivar ‘Picual’ is an optimal pollen donor for ‘Barnea’. *Scientia Horticulturae*, v. 172, n. 9, p. 278–284, 2014.
- SIERRA, E. M. et al. Efecto del ENSO sobre las precipitaciones del trimestre noviembre-enero (1981/1998) en el centro este de la provincia de la Pampa, Argentina. **Revista Agronómica de Agrometeorología**, v. 1, n. 2, p. 83-87, 2001.
- SIERRA, E. M.; LÓPEZ, E. L.; PÉREZ, S. P. Agroclimatología del pecán (*Carya illinoensis*) en la Argentina. In: LAVADO, R. S.; FRUSSO, E. A. (Org.). **Producción de pecán en Argentina**. Buenos Aires: [s.n], 2007. p. 1-10.
- SIMÃO, S. **Manual de Fruticultura**. São Paulo. Editora Ceres. 530p. 1971.
- SIMÕES, F. **Parâmetros hídricos em angiospermas lenhosas de clima temperado durante estádios de repouso e crescimento**, 2011. 73p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas/RS. 2011.
- SMITH, C. L.; ROMBERG, L. D. Stigma receptivity and pollen shedding in some pecan varieties. **Journal of Agricultural Research**, v.60, 551-564, 1940.
- SOUZA, D. N. N. et al. Estudo fenológico de espécies arbóreas nativas em uma unidade de conservação de caatinga no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Biotemas**, v. 27, n. 2, p. 31-42, 2014.
- SPARKS, D. A. Geographical origin of pecan cultivars influences time required for fruit development and nut size. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 116, n. 4, p. 627-631, 1991.
- SPARKS, D. Adaptability of Pecan as a Species. **HortScience**, Ohio, v. 40, n. 5, p. 1175–1189, 2005.
- SPARKS, D. **Pecan cultivars: the orchard's foundation**. Editora: Pecan Productions Innovations. 1992. 446p.
- STUCKEY, H. P. **The two groups of varieties of the Hicoria pecan and their relation to self-sterility**. n. 124. Ga. Agr. Expt. Sta. Bull. 1916. 28p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

THOMPSON, T. E.; CONNER, P. J. **Chapter 20: Pecan**. Lincoln, Nebraska: United States Department of Agriculture, 2012. p. 771-800. Disponível em: <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2327&context=usdaarsfacpub>. Acesso em 17 jul, 2018.

USDA - United States Department of Agriculture. **NCGR Pecan/Hickory Database (Pecan Cultivars)**. Disponível em: [https://aggie-horticulture.tamu.edu/usda\\_pecan/plant\\_details.php?pid=Success&acno=518130](https://aggie-horticulture.tamu.edu/usda_pecan/plant_details.php?pid=Success&acno=518130). Acesso em: 14 jul. 2018.

VARELA, V. et al. Pecan: Viability of a new crop in Uruguay. **Acta Horticulturae**, v. 1070, 245-251. 2015.

WANG, Q.; SU, S.; KOU Y. Study on varieties combination suitable for mutual pollination of Yan Mountain Chestnut. *Natural Resources*, v. 3, n. 2, p. 66-70, 2012.

WANG, Z. J. et al. Analysis of the progeny of *Carya cathayensis* x *C. illinoensis* and the xenia effect. *Journal of Fruit Science*, v. 27, n. 6, p. 908-913, 2010.

WEBSTER, A. D. Shoot growth. In: **Fundamentals of temperate zone tree fruit production**. Backhuys Publishers. Leiden, The Netherlands, 2005. p. 120-135.

WELLS, L. A reduced early-season irrigation schedule for pecans in the Southeastern United States. **Acta Horticulturae**, v. 50, n. 7, p. 1070-1077, 2015.

WELLS, L. **Pecan America's Native Nut Tree**. The University of Alabama Press. 2017a, 264p.

WELLS, L. **Pollination. Southeastern Pecan Grower's Handbook**. 2007, 81p.

WELLS, L. Response of pecan orchard soil chemical and biological quality indicators to poultry litter application and clover cover crops. **Hortscience**, v. 46, n. 2, p. 306-310, 2011.

WELLS, L. **Southeastern Pecan Grower's Handbook**. University of Georgia. (2017b) 236p.

WETZSTEIN, H. Y.; SPARKS, D. L. Flowering in Pecan. In: JANICK, J. **Horticultural Reviews**. Connecticut, Editorial Board, v. 8, p. 217-251. 1986.

WETZSTEIN, H. Y.; SPARKS, D. L. Morphology of pistillate flower differentiation in pecan. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. v. 108, p. 997-1003, 1983.



- WETZSTEIN, H. Y.; SPARKS, D. L. Stigma: pollen interactions in pecan. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.114, n.2, p. 355-359, 1989.
- WOOD, B. W. Cross-pollination within pecan orchards. **Hortscience**. Aug. 1996 v. 31 n. 4. 583.
- WOOD, B. W. Pollination characteristics of pecan trees and orchards. **Hort Technology**, v. 10, n. 1, p.120-126, 2000.
- WOOD, B. W. Source of pollen, distance from pollinizer, and time of pollination affect yields block-type pecan orchards. **Hortscience**, v. 32, p. 1182-1185, 1997.
- WOOD, B. W.; WELLS, L.; FUNDERBURKE, F. Influence of Elevating Tree Potassium on Fruit Drop and Yield of Pecan. **HortScience**, v. 45, n. 6, p. 911–917, 2010.
- WOODROOF, J. G.; WOODROOF, N. C. Fruit-bud differentiation and subsequent development of the flowers in the hickory pecan. **Journal of Agricultural Research**, v. 33, n. 7, p. 677-685, 1926.
- WORLEY, R. E. Pecan production. In: SANTERRE, C.H. **Pecan Technology**. Chapman & Hall Edition, 1994. Chap. 2, p.12-38.
- WORLEY, R. E. Tree yield and nut characteristics of pecan with drip irrigation under humid conditions. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 107, p. 30-34, 1982.
- YAMAMOTO, R. R. et al. “Floral primordia necrosis” incidence in mixed buds of Japanese pear (*Pyrus pyrifolia* (Burm.) Nakai var. culta) ‘Housui’ grown under mild winter conditions and the possible relation with water dynamics. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 79, n. 3, p. 246–257. 2010.
- ZHANG, R.; PENG, F.; YONGRONG, L. Pecan production in China. **Scientia Horticulturae**, n.197, p.719-727, 2015.
- ZHANG, X. et al. A Study on the xenia effect in *Castanea henryi*. **Horticultural Plant Journal**, v. 2, n. 6, p. 301-308, 2016.